

VERBINDUNG LEBEN

Luftgüte

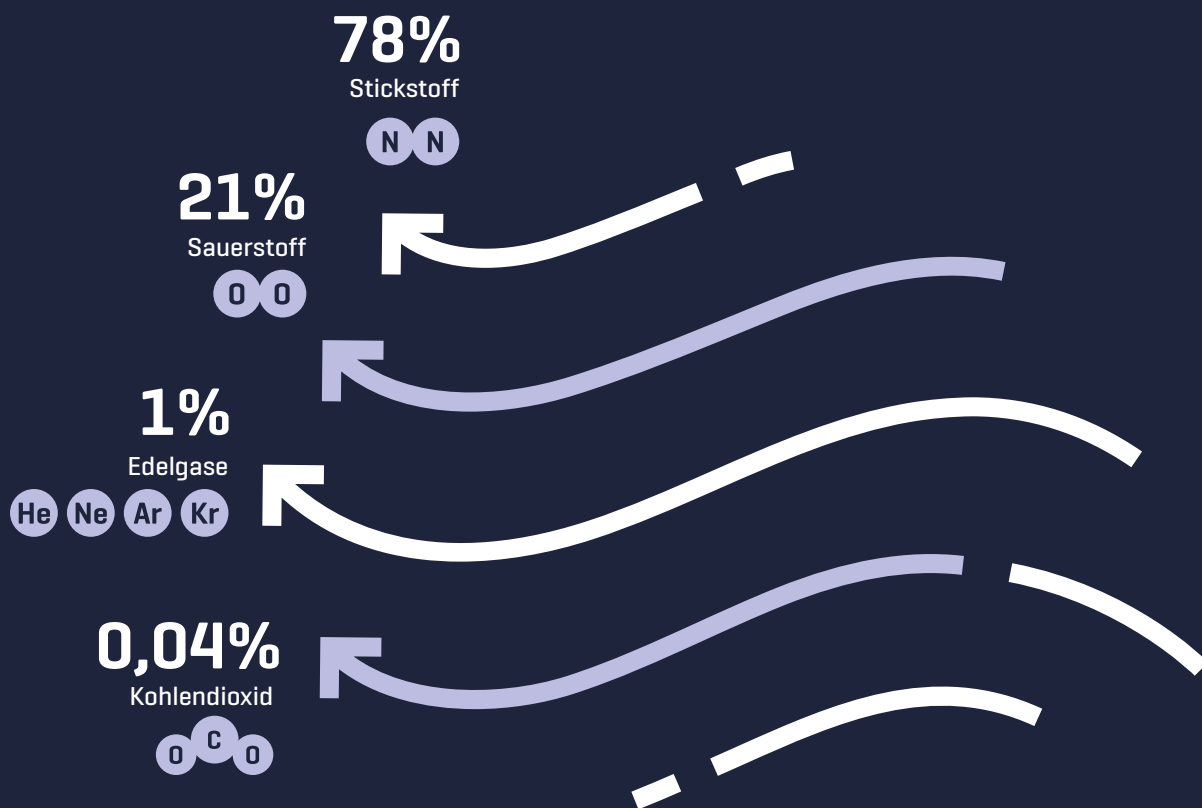
UMWELT AM FLUGHAFEN MÜNCHEN



Luftgüte am Flughafen München

Zusammensetzung der Luft

— gerundet —



»Die Luftqualität am
Flughafen und in seiner
Nachbarschaft ist gut.*«

Umweltabteilung Flughafen München GmbH



*Bewertung »gut« ergibt sich aus LAQX, mehr dazu auf S. 28 - S. 29

Inhalt

EINFÜHRUNG	6
LUFTSCHADSTOFFE	8
Emission: Quellen von Luftschadstoffen	9
Transmission: Transport und Umwandlung der Luftschadstoffe	11
Immission: Wirkung von Luftschadstoffen	14
LUFTGÜTEMESSUNGEN	16
Rechtsgrundlagen	17
Gemessene Luftschadstoffe und Bewertung	18
Bewertung nach neuer EU-Luftqualitätsrichtlinie	19
Die wichtigsten Parameter im Detail	20
Ultrafeine Partikel - ein Forschungsthema	21
Stationäre Luftgütemessung am Flughafen München	23
Mobile Luftgütemessung in der Region	27
ZUSÄTZLICHE IMMISSIONSUNTERSUCHUNGEN	32
Biomonitoring	33
Honigmonitoring	34
REDUZIERUNG VON LUFTSCHADSTOFFEN	36
Ausgewählte Maßnahmen	37
WUSSTEN SIE, DASS ...	38
APPENDUM	40

Vorwort

Sehr geehrte Damen und Herren,
liebe Leserinnen und Leser,

der Luftverkehr ist ein entscheidender Motor für die gesellschaftliche Entwicklung. Als treibende Kraft stärkt er nicht nur die Wirtschaft Deutschlands im internationalen Wettbewerb, sondern eröffnet auch Zugänge zu globalen Märkten und fördert den kulturellen Austausch. Darüber hinaus erfüllt er den starken Wunsch der Bevölkerung nach individueller Mobilität. Jedoch führt der Flugverkehr auch zu Luftschadstoffemissionen und Kohlenstoffdioxidemissionen [CO₂-Emissionen].

Für den Flughafen München ist der Schutz der Umwelt und damit auch der Luftqualität ein zentrales Anliegen. Neben einer kontinuierlichen Überwachung der Luftqualität setzen wir seit Langem ambitionierte Maßnahmen zur Reduzierung des Einsatzes fossiler Energieträger um. Unser Ziel ist es, Luftschadstoffemissionen und Kohlenstoffdioxidemissionen zu minimieren, um die Qualität der Luft und somit auch die Lebensqualität in den umliegenden Gemeinden zu bewahren.

Dabei ist es wichtig, den Flugverkehr im Kontext des gesamten Verkehrswesens zu betrachten und zu bewerten. Flugzeuge stellen eine bedeutende, aber nicht die ausschließliche Quelle für Luftschadstoffe dar. Um die Luftqualität ganzheitlich zu verbessern, bedarf es daher des Einsatzes moderner Technologien und synthetischer Kraftstoffe sowie einer effizienten Organisation des Flugverkehrs. Dies muss parallel mit einem ressourcenschonenden Betrieb des Flughafens und einer optimierten Verkehrsführung im Flughafenumfeld einhergehen. Unsere Absicht ist es, auf Basis bestehender Gesetze den Umweltschutz, die Interessen der Nachbarschaft und die wirtschaftlichen Anforderungen des Flughafens zu berücksichtigen. Dazu führen wir einen offenen Dialog mit allen beteiligten Parteien.

Ziel dieser Broschüre ist es, die aktuelle lufthygienische Situation am Flughafen München und in seinem Umland objektiv, detailliert und transparent darzustellen. Neben einer ausführlichen Darlegung der Luftqualität werden auch die vielfältigen Einflussfaktoren beleuchtet. Eine fundierte Betrachtung der Luftschadstoffe, der durch den Flugverkehr verursachten Emissionen sowie der implementierten Maßnahmen zur Luftverbesserung soll ein tieferes Verständnis für dieses komplexe Thema vermitteln. Die Broschüre informiert Bürgerinnen und Bürger als auch verschiedene Interessengruppen über die aktuellen Entwicklungen und Initiativen zur Luftreinhaltung und leistet einen Beitrag für eine offene und sachliche Diskussion.

Jost Lammers
Vorsitzender der Geschäftsführung und Arbeitsdirektor

Thomas Hoff Andersson
Geschäftsführer
Aviation und Operation

Dr. Jan-Henrik Andersson
Geschäftsführer
Commercial und Security

Einführung

Fliegen fasziniert, ermöglicht Mobilität und schafft wirtschaftlichen Nutzen. Dennoch gehen mit Flugzeugen und dem Betrieb von Flughäfen auch Umweltauswirkungen einher. Der Flughafen München legt großen Wert auf den Schutz der Umwelt und nimmt die Anliegen der Umgebung sehr ernst. Der Fokus liegt im Bereich der Lufthygiene vor allem auf der Messung von Luftschadstoffen, der Minimierung der Luftschadstoffemissionen und einer transparenten Kommunikation über diese Themen.

Messungen der Luftqualität am Flughafen München zeigen, dass sich die Belastung der Luft trotz eines überdurchschnittlichen Verkehrswachstums bis 2019 kaum verändert hat und sogar eine tendenzielle Abnahme zu verzeichnen ist.

Ein wichtiges umweltpolitisches Ziel ist es, alles zu tun, um die Luftbelastungen aus dem täglichen Betrieb auf ein unvermeidbares Minimum zu reduzieren. Die Akteure im Luftverkehr haben bereits erfolgreich Maßnahmen ergriffen, um den Schadstoffausstoß zu reduzieren. Doch um weitere Fortschritte zu erzielen, müssen alle Verursacher unvermindert engagiert bleiben.



Der Flughafen München in Zahlen und Fakten

Der Flughafen München ist einer der verkehrsreichsten Flughäfen Europas und bietet laut aktueller Erhebung aus dem Jahr 2024 sichere Arbeitsplätze für 36.680 Beschäftigte. Er trägt damit maßgeblich zum wirtschaftlichen Aufschwung der gesamten Region bei.



43,4 Mio.

Flugreisende



341.000

Tonnen Luftfracht und Luftpost



337.450

Starts und Landungen



1.575

Hektar Gesamtfläche



468

Betriebe am Campus *



36.680

Beschäftigte am Campus *

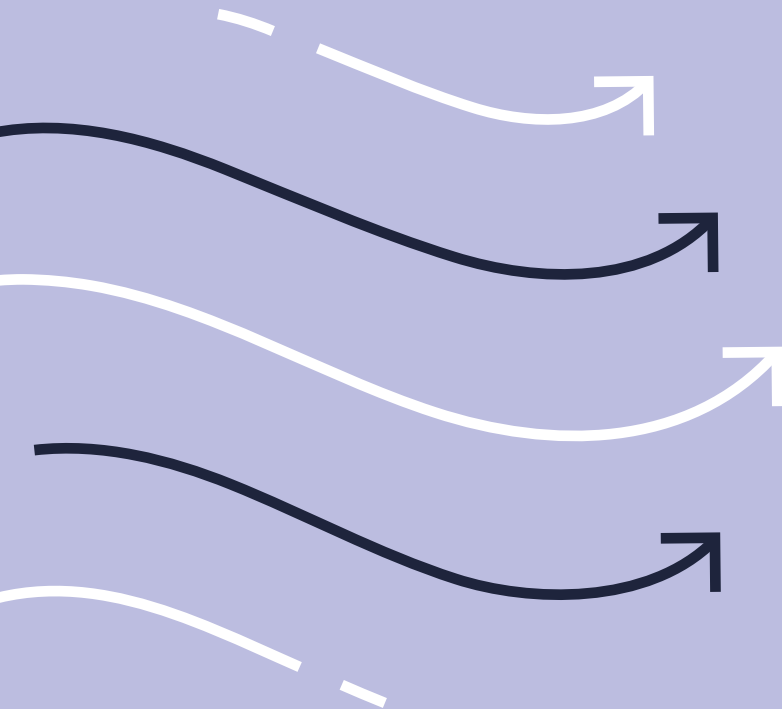
Luftschadstoffe



EMISSION:
Quellen von Luftschadstoffen

TRANSMISSION:
Transport und Umwandlung
der Luftschadstoffe

IMMISSION:
Wirkung von Luftschadstoffen



Emission: Quellen von Luftschadstoffen

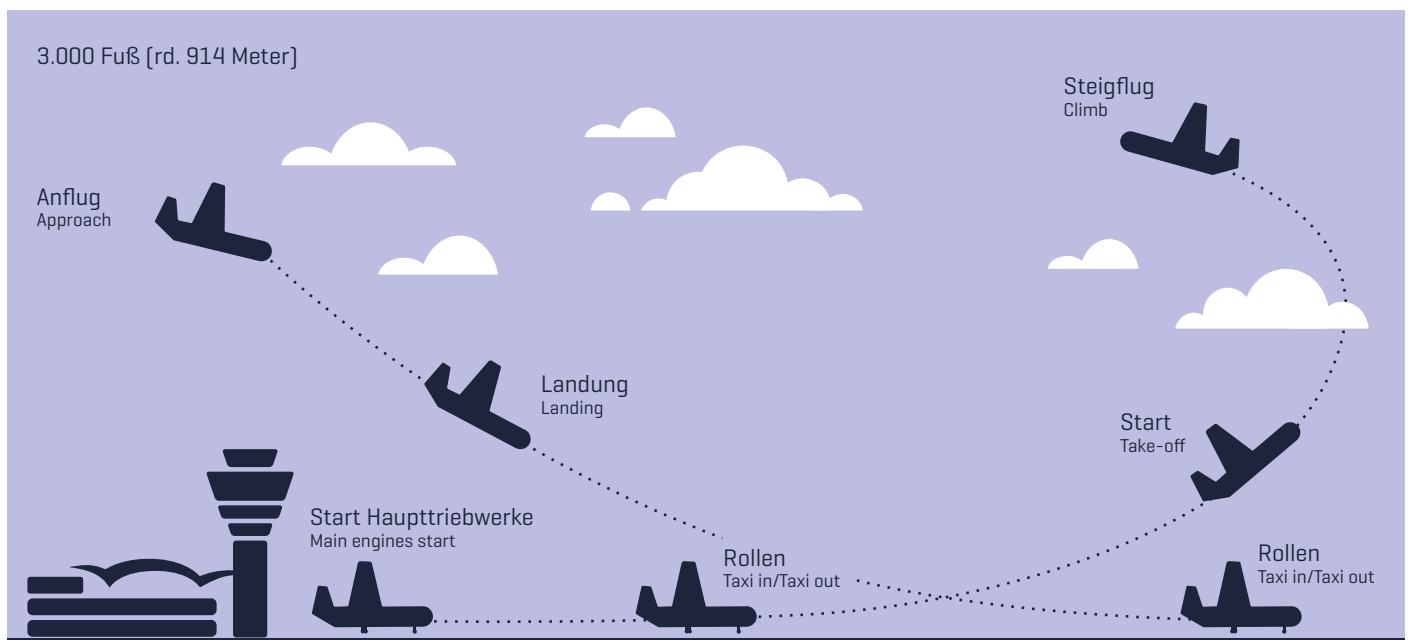
Schadstoffe, die in die Atmosphäre gelangen, werden auch als Emissionen bezeichnet. Sie stammen neben natürlichen Quellen, wie Vulkanen, Waldbränden und Blitzen, vor allem aus anthropogenen, also menschengemachten Quellen. Die Hauptverursacher sind Energieerzeugung, Industrie, Verkehr, Landwirtschaft sowie die Beheizung und Klimatisierung von Gebäuden.

Die Flughafen München GmbH kann nur einen Teil der Emissionen direkt beeinflussen. Dazu gehören die Energieerzeugung im eigenen Blockheizkraftwerk, die eigenen Fahrzeuge und Vorfeldgeräte sowie bedingt die An- und

Abreise der Flugreisenden. Den weitaus größeren Anteil machen die Emissionen der Flugzeuge beim Landen, Starten und Rollen aus. Die dabei verursachte Schadstoffmenge ergibt sich aus dem Kerosinverbrauch der Triebwerke. Die Emissionen der Luftschadstoffe werden für einen sogenannten »LTO-Zyklus« [Landing-and-Take-off-Cycle] ermittelt, der sich aus den Betriebsphasen **Rollen** [Taxi in/Taxi out], **Starten** [Take-off], **Steigflug** [Climb] und **Anflug** [Approach] bis zu einer Flughöhe von 3.000 Fuß [914 Meter] zusammensetzt.

► Abb. 2

2 LTO-Zyklus — Landing-and-Take-off-Zyklus
ICAO-Verfahren zur Zertifizierung von Flugzeugemissionen

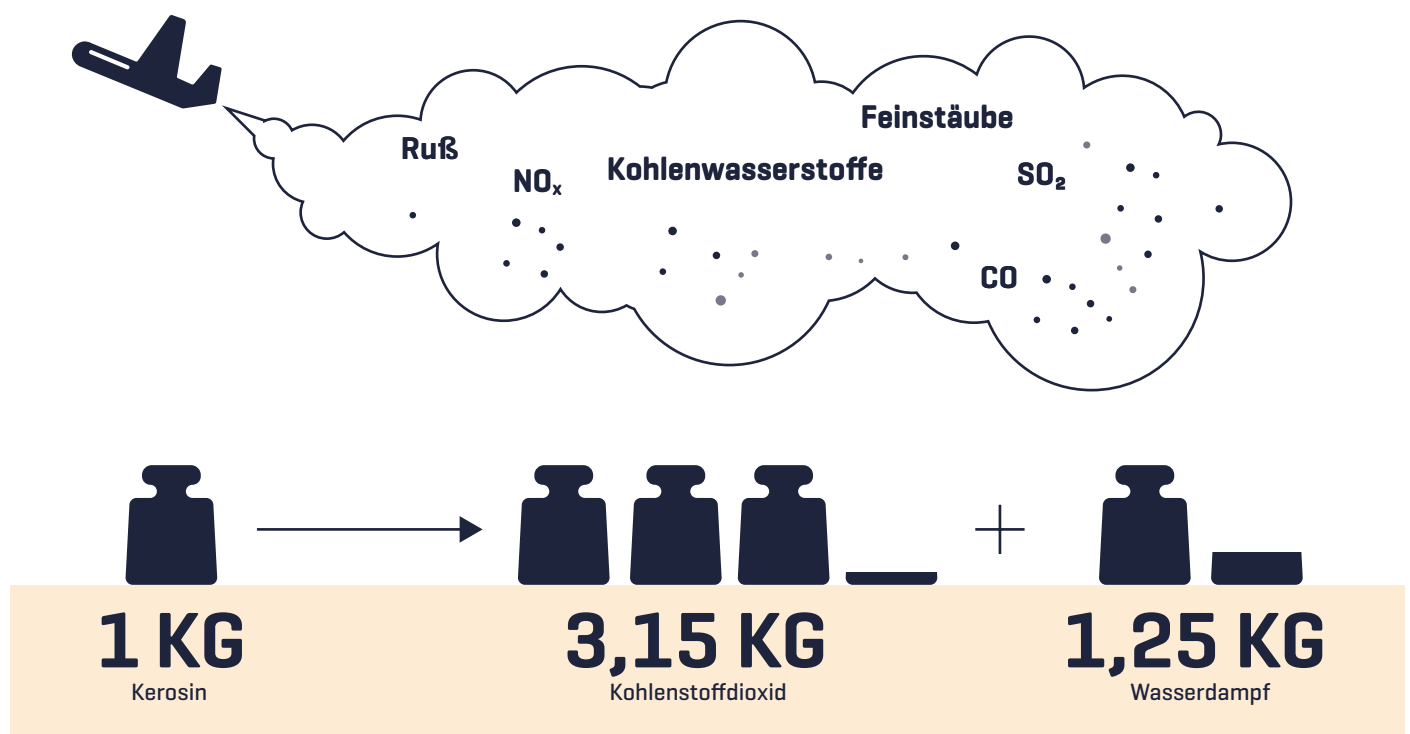


Kerosin wird in den Turbinen mit Luft vermischt und verbrannt, um auf diese Weise den nötigen Schub für das Flugzeug zu erzeugen. Flugzeugtriebwerke stoßen eine Reihe von Luftschadstoffen aus. Dazu gehören Stickstoffoxide (NO_x), Kohlenstoffmonoxid (CO), Schwefeldioxid (SO_2), Kohlenwasserstoffe, Feinstaub und Ruß. Ihr mengenmäßiger Anteil an den Gesamtemissionen liegt unter 0,5 Prozent, dennoch spielen sie eine wichtige Rolle für die Luftqualität. Daneben werden auch das Treibhausgas Kohlendioxid und Wasserdampf emittiert. Aus einem Kilogramm Kerosin entstehen etwa 3,15 kg CO_2 und 1,25 kg Wasserdampf.

► Abb. 4



3 Heißer Abgasstrahl aus dem Triebwerk eines Airbus A319-100



4 Erzeugte Schadstoffe

Transmission: Transport und Umwandlung der Luftschadstoffe

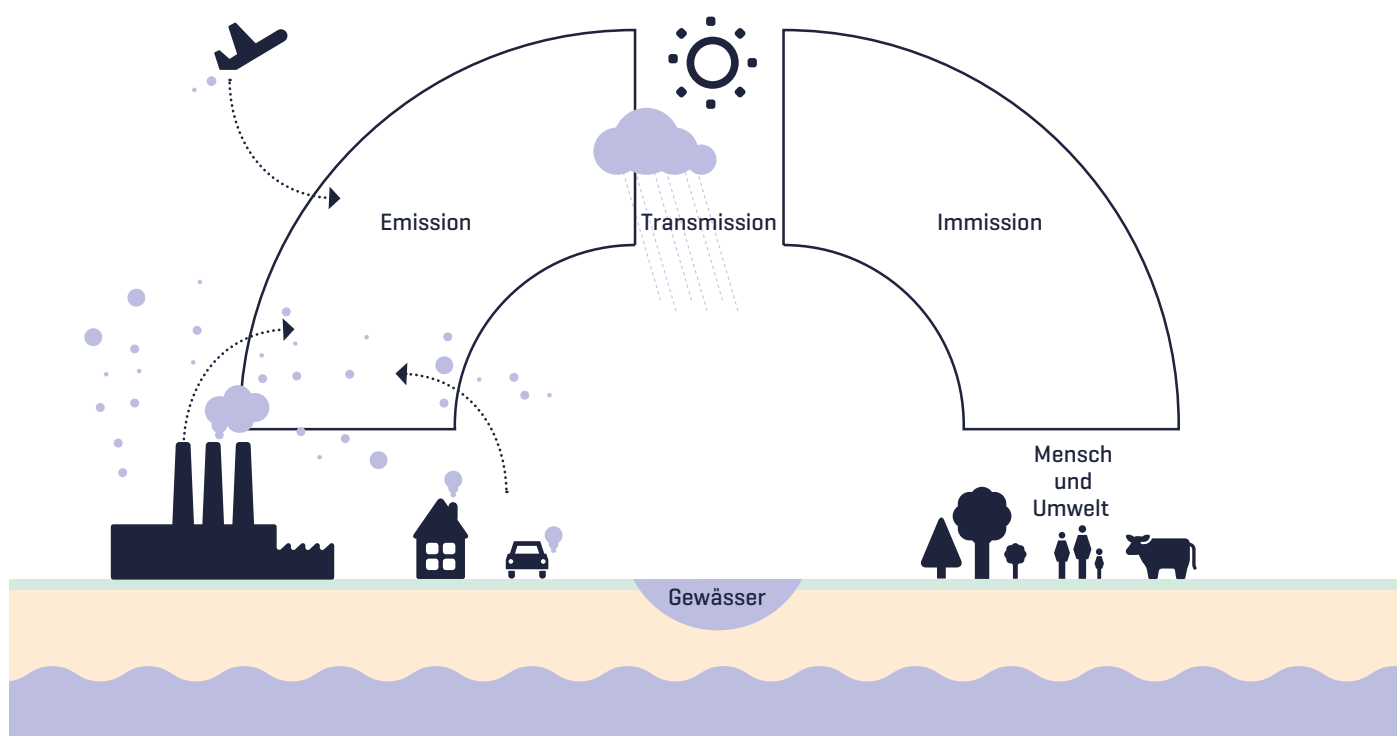
Nach der Freisetzung in die Atmosphäre [Emission] unterliegen Schadstoffe verschiedenen physikalisch-chemischen Umwandlungsprozessen. Bei dieser Transmission spielen insbesondere Wind und Niederschläge eine wichtige Rolle. Die Luftschadstoffe werden durch den Wind großräumig in der Atmosphäre transportiert, durch Turbulenzen verdünnt und durch Regen ausgewaschen.

Das Wettergeschehen spielt sich in der Troposphäre ab, der untersten Schicht der Atmosphäre, die sich vom Boden bis in eine Höhe von etwa zehn Kilometern erstreckt.

Die Troposphäre besteht aus der bodennahen planetaren Grenzschicht und der darüberliegenden freien Troposphäre [1]. Die Höhe der planetaren Grenzschicht variiert je nach Tages- und Jahreszeit [2]. Die von den Flugzeugen beim An- und Abflug ausgestoßenen Luftschadstoffe verteilen sich weit über die Grenzen des

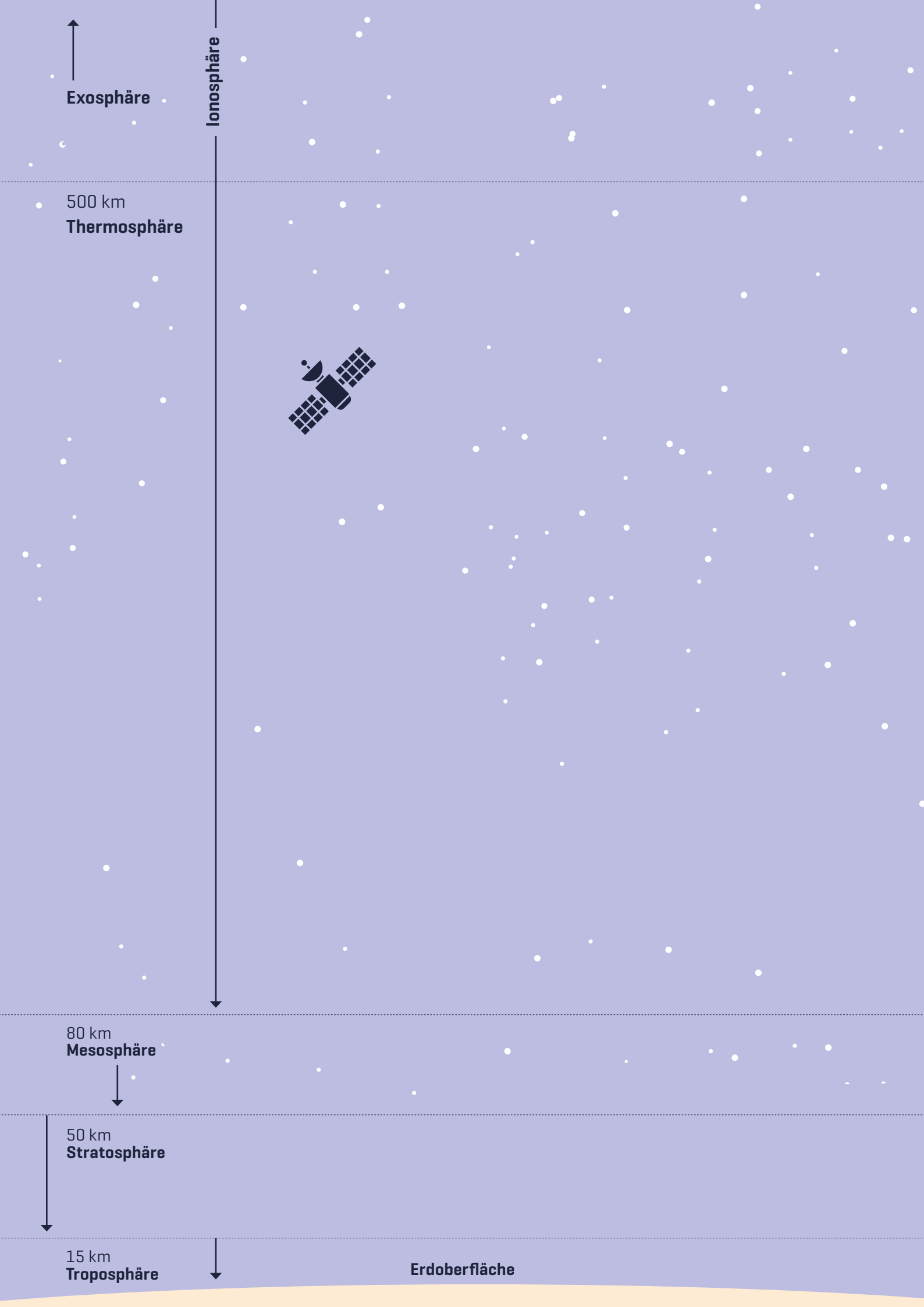
Flughafens hinaus. Flugzeuge verlassen die planetare Grenzschicht bereits kurze Zeit nach dem Start. Ein Airbus A320 erreicht beispielsweise nach etwa zwei Minuten Flugzeit eine Höhe von rund einem Kilometer und damit die freie Troposphäre. Beim Landeanflug beträgt die Flugzeit zwischen Eintauchen in die planetare Grenzschicht und dem Aufsetzen auf der Landebahn rund zehn Minuten, wobei eine Strecke von mehr als 25 Kilometern zurückgelegt wird. Diese Angaben sind Durchschnittswerte und können je nach Wetterbedingungen und Flugprofil variieren.

► Abb. 5



5 Emission-Transmission-Immission

Luftschadstoffe aus unterschiedlichen Quellen (Emissionen) werden über die Luft transportiert (Transmission) und gelangen in die Umwelt (Immissionen), wo sie in Böden und Gewässer eingetragen werden (Deposition) und auf Pflanzen, Tiere und den Menschen einwirken (Immissionswirkungen).





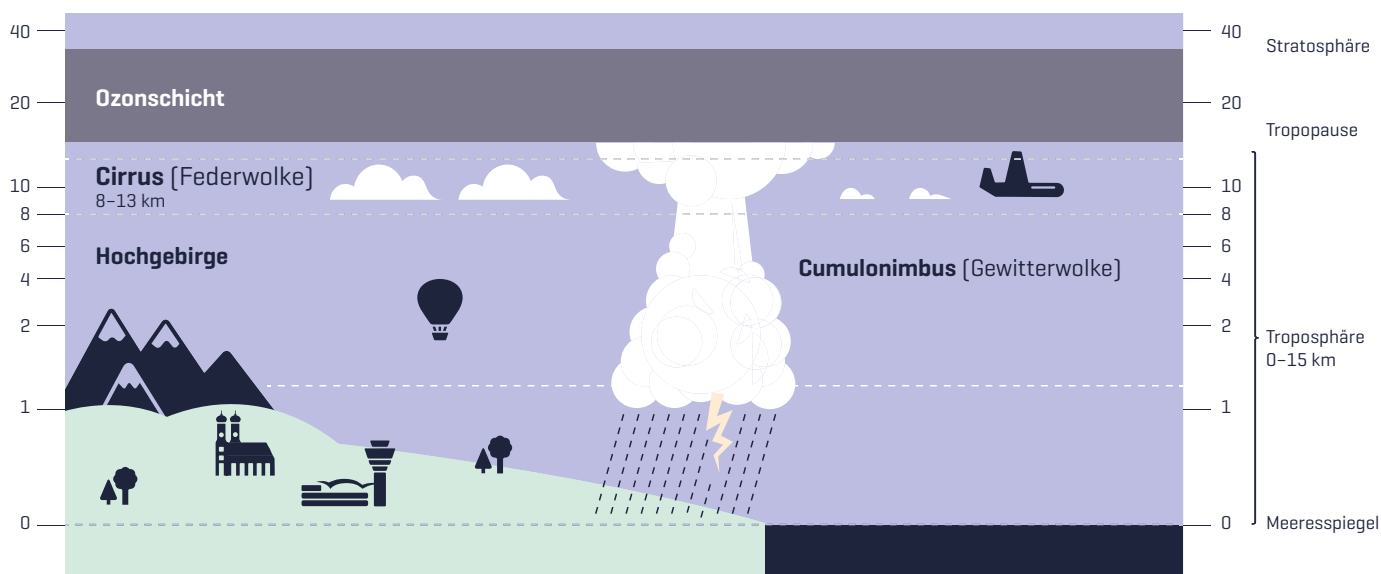
Nur sehr wenige Partikel aus den Abgasen startender Flugzeuge gelangen in die unmittelbare Umgebung des Flughafens.

Die Abgase von Flugzeugen enthalten Gase und feine Partikel. Nach dem Austritt aus den Triebwerken wachsen die Partikel zu größeren Teilchen zusammen und sinken ab. Die kurze Zeit von etwa zwei Minuten, in der sich ein startendes Flugzeug in der planetaren Grenzschicht bewegt, genügt nicht, um Partikel zu bilden, die absinken können. Daher sedimentieren nur sehr wenige Partikel aus den Abgasen startender Flugzeuge in die unmittelbare Umgebung des Flughafens. Der Großteil wird durch den Wind verweht, verdünnt, teilweise abgebaut oder weit entfernt vom Flughafen mit dem Regen aus der Atmosphäre ausgewaschen. Ähnliche Bedingungen gelten für die Landung.

Am Flughafen München sind beispielsweise die Windschwindigkeiten und die Häufigkeit von Niederschlägen bei Ostwind oft geringer als bei Westwind. Dies hat Auswirkungen auf die Verteilung, Verdünnung und somit auch auf die Konzentration der Luftschadstoffe. Ein weiterer meteorolo-

gischer Faktor, der die Ausbreitung der Luftschadstoffe stark beeinflusst, sind sogenannte Inversionswetterlagen. Normalerweise nimmt die Temperatur mit zunehmender Höhe ab, die kalte Luft sinkt nach unten und sorgt so für eine gute Durchmischung der Atmosphäre. Im Winter, bei schwachem Wind und geringer Bewölkung, kühlen die bodennahen Luftschichten stärker ab als die darüberliegenden. Es entsteht eine stabile Schichtung der Atmosphäre, die den vertikalen Austausch verhindert. Während winterlicher Inversionswetterlagen werden daher oft höhere Schadstoffkonzentrationen gemessen als im Sommer. Neben dem Regen tragen auch physikalisch-chemische Prozesse zur Transmission bei. Durch Sonnenlicht entstehen beispielsweise reaktive Moleküle, die wiederum mit Schadstoffen wie Kohlenwasserstoffen und Stickstoffoxiden reagieren und auf diese Weise zum Abbau dieser Luftschadstoffe in der Atmosphäre beitragen können.

► Abb. 6



6 Schichtung der Atmosphäre

Immission: Wirkung von Luftschadstoffen

Als Immission wird das Einwirken von Gefahrstoffen, Lärm oder Strahlung auf die Umwelt bezeichnet. Bezogen auf die Luftqualität sind dies Luftschadstoffemissionen, die nach ihrer Verteilung, Verdünnung und Umwandlung auf Fauna, Flora und die menschliche Gesundheit einwirken. Dabei wird unterschieden zwischen unmittelbaren Effekten, wie auf die menschliche Gesundheit sowie Pflanzen und Tiere, und indirekten Effekten, wie beispielsweise den Treibhauseffekt der Abgase. So ist das bei der Verbrennung von Kerosin emittierte Kohlenstoffdioxid kein Luftschadstoff, der sich direkt auf die menschliche Gesundheit auswirkt. Durch den Treibhauseffekt spielt es jedoch eine bedeutende Rolle.

WIRKUNG VON LUFTSCHADSTOFFEN AUF DIE MENSCHLICHE GESUNDHEIT

Luftschadstoffe können sich negativ auf die Gesundheit des Menschen auswirken. In hohen Konzentrationen kommt es dabei vor allem zu Auswirkungen auf das Herz-Kreislauf-System und zu Atemwegserkrankungen. Um eine mögliche Gefährdung frühzeitig zu erkennen, werden die Konzentrationen verschiedener Luftschadstoffe ständig überwacht. Bei diesen Immissionsmessungen

steht der Schutz der menschlichen Gesundheit im Mittelpunkt. Die Bewertung der Luftqualität erfolgt am Flughafen München nach Maßgabe der 39. Bundes-Immissionsschutzverordnung [39. BImSchV] [12]. Um den Einfluss des Flughafens zur Luftqualität zu ermitteln, misst die Flughafen München GmbH (FMG) kontinuierlich die Immissionen an den Grenzen des Flughafengeländes. Auf Anfrage der Gemeinden kann eine mobile Luftgütemessstation für einen bestimmten Zeitraum dort eingesetzt werden.

KLIMAWIRKUNG VON LUFTSCHADSTOFFEN UND TREIBHAUSGASEN

Die bei der Verbrennung fossiler Energieträger freigesetzten Stoffe beeinflussen das Klima durch den sogenannten Treibhauseffekt. Dieser Prozess führt zu einem globalen Temperaturanstieg und wird häufig nur mit Kohlenstoffdioxid in Verbindung gebracht. Tatsächlich ist der Treibhauseffekt jedoch die Folge einer ganzen Reihe von Wechselwirkungen.

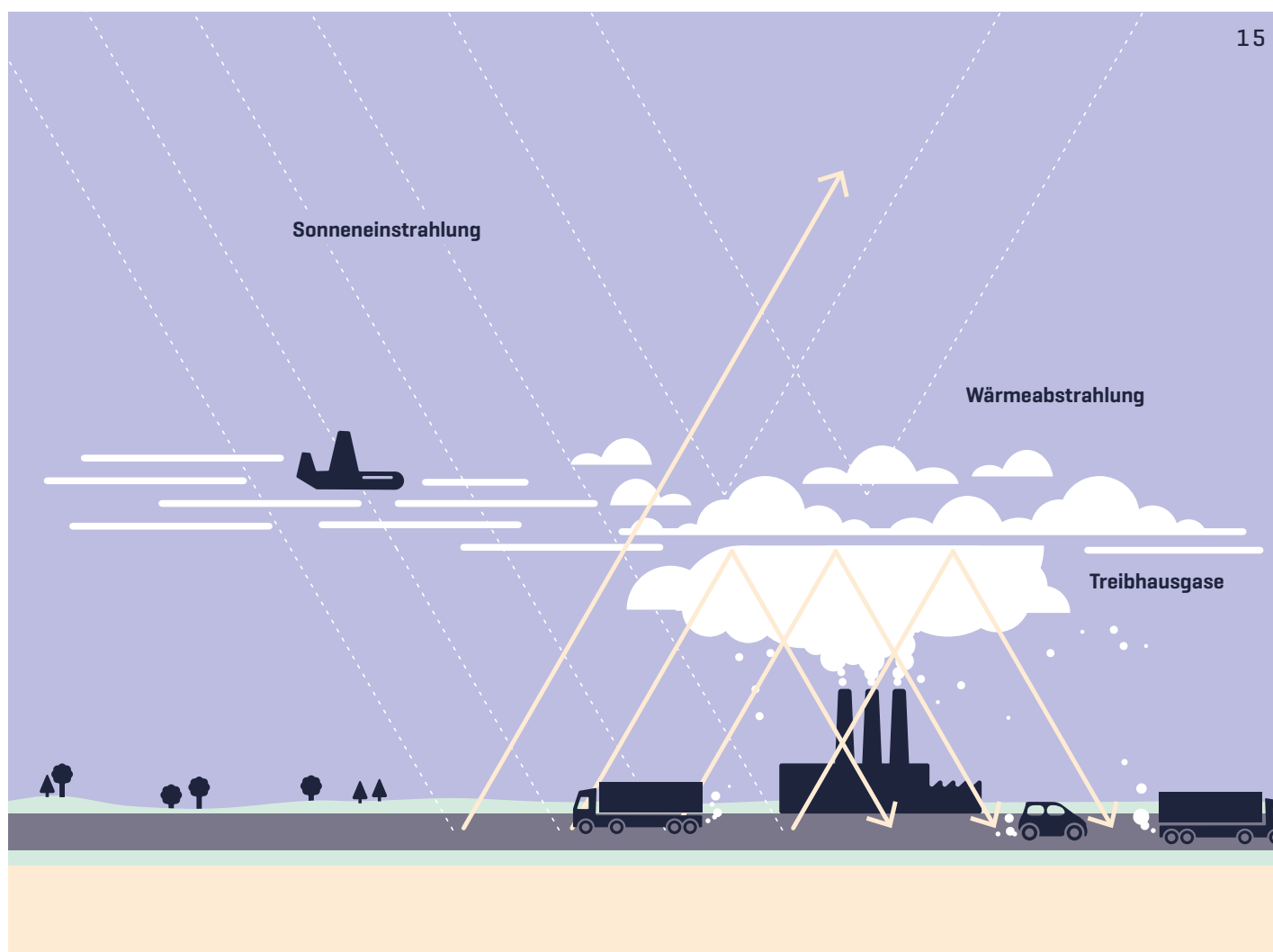
► Abb. 7

Treibhausgase reflektieren einen Teil der vom Boden abgegebenen Wärmestrahlung, der sonst ins Weltall abgestrahlt würde, zurück zur Erde. Zu den Treibhausgasen gehören unter anderem Wasserdampf, Kohlenstoffdioxid, Kohlenwasserstoffe wie Methan sowie Stickstoffoxide und Ozon. Diese Stoffe, vor allem Wasserdampf, kommen natürlicherweise in der Atmosphäre vor und spielen eine entscheidende Rolle dabei, ein für menschliches Leben geeignetes Klima auf der Erde zu schaffen [3]. Seit Beginn der industriellen Revolution hat der Mensch durch die Verbrennung fossiler Energieträger eine erhebliche Menge CO₂ freigesetzt. Die seit 1800 um mehr als 35 Prozent gestiegene CO₂-Konzentration ist die Hauptursache für den anthropogenen Klimawandel. Neben den genannten Gasen tragen auch (Staub-, Ruß-)Partikel zum Treibhauseffekt bei, indem sie ähnlich wie Treib-

RUND

3 %

DER GLOBALEN CO₂-EMISSIONEN
VERURSACHT DER LUFTVERKEHR



7 Der Treibhauseffekt

hausgase Lichtenergie aufnehmen und reflektieren [4; 5]. Je nach Zusammensetzung können diese Partikel zur Erderwärmung beitragen [zum Beispiel Rußpartikel] oder kühlend wirken [beispielsweise Sulfatpartikel]. Als Kondensationskeime fördern Partikel auch indirekt die Wolkenbildung [6]. Wolken wiederum reflektieren einen Teil der von der Erde abgestrahlten Wärme und verstärken dadurch die Erderwärmung. Gleichzeitig können sie auch einen Teil der einfallenden Sonnenenergie ins Weltall reflektieren und somit eine kühlende Wirkung haben [7]. Der vorherrschende Effekt hängt von der Dicke und der Höhe der Wolken ab.

Der Flugverkehr spielt eine besondere Rolle im Zusammenhang mit der Erderwärmung, da die Emissionen in großen Höhen stattfinden, wo freigesetzter Wasserdampf direkt zur Bildung von Kondensstreifen führen kann und der Abbau anderer Schadstoffe stark verlangsamt ist. Zur Bewertung der Auswirkungen des Luftverkehrs wurde der sogenannte »Radiative Forcing Index« [RFI] eingeführt. Dies ist ein dimensionsloser Faktor, mit dem ein Referenztreibhausgas [im Fall des Luftverkehrs die CO_2 -Emissionen] multipliziert wird. Je nach berücksichtigten

Effekten variiert dieser Faktor zwischen 2 und 5 [8; 9; 10; 17]. Das bedeutet: Die Klimawirkung jeder Tonne CO_2 , die im Luftverkehr ausgestoßen wird, ist je nach Studie 2- bis 5-mal höher als die einer Tonne CO_2 , die auf der Erdoberfläche freigesetzt wird.



Der Flughafen München wurde 2026 erstmals mit Level 4 des internationalen Programms »Airport Carbon Accreditation« [ACA] des europäischen Flughafenverbands ACI Europe zertifiziert. Im Rahmen des ACA-Programms wird die Klimaschutzperformance von Flughäfen nach strengen Standards in einem System mit fünf Zertifizierungs-Levels beurteilt. Diese weltweit anerkannte Zertifizierung bestätigt, dass der Flughafen konsequent auf sein Ziel, Level 5, Netto-Null-Emissionen [Net Zero] bis 2035, hinarbeitet.

Luftgütemessungen



RECHTSGRUNDLAGEN

GEMESSENE LUFTSCHADSTOFFE
UND BEWERTUNG

BEWERTUNG NACH NEUER
LUFTQUALITÄTSRICHTLINIE

DIE WICHTIGSTEN
PARAMETER IM DETAIL

ULTRAFEINE PARTIKEL -
EIN FORSCHUNGSTHEMA

STATIONÄRE UND MOBILE
LUFTGÜTEMESSUNGEN



Rechtsgrundlagen

Am Flughafen München werden Immissionsmessungen gemäß der Luftrechtlichen Genehmigung vom 9.5.1974 und in Übereinstimmung mit den Bestimmungen der 39. Bundes-Immissionsschutzverordnung (39. BImSchV) durchgeführt. Gemäß dieser Genehmigung ist die Flughafen München GmbH verpflichtet, die »Konzentration von Abgasimmissionen ständig durch fortlaufend registrierende, kontinuierliche Messungen festzustellen«. Das Messprogramm und die Standorte der Messgeräte werden in Absprache mit den zuständigen Behörden festgelegt. Die Bewertung der am Flughafen München gemessenen Luftschadstoffkonzentrationen erfolgt gemäß den Vorgaben der 39. BImSchV.

Die 39. BImSchV stellt die nationale Umsetzung der EU-Richtlinie über Luftqualität und saubere Luft für Europa [Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG] dar **[12]**. Sie dient dem Schutz der menschlichen Gesundheit und der Umwelt vor möglichen Schäden durch Luftverunreinigungen. Die Verordnung legt Immissionsgrenzwerte fest, unter anderem für Stickstoffoxide, Feinstaub (PM_{10} und $PM_{2,5}$), Benzol, Schwefeldioxid, Kohlenstoffmonoxid sowie Blei, Ozon und Benzo(a)pyren.

In Deutschland überwacht das Messnetzwerk der Länder und des Bundes die Luftqualität mit rund 650 Stationen. In Bayern ist dafür das Bayerische Landesamt für Umwelt [BayLfU] zuständig. Das Lufthygienische Landesüberwachungssystem Bayern [LÜB] umfasst mehr als 50 Messstationen **[13]**.



Gemessene Luftschadstoffe und Bewertung

Die Bewertung der Luftqualität basiert auf der 39. Bundes-Immissionsschutzverordnung [39. BImSchV]. Dabei werden die gemessenen Immissionskenngößen wie Mittelwerte, Maximalwerte und Überschreitungshäufigkeit mit den festgelegten Beurteilungswerten verglichen.

In der Tabelle sind die Messstationen am Flughafen München sowie die gemessenen Parameter und die entsprechenden Grenzwerte gemäß der 39. BImSchV aufgeführt. Alle verwendeten Messgeräte erfüllen die Anforderungen an die in der 39. BImSchV beschriebenen Methoden.

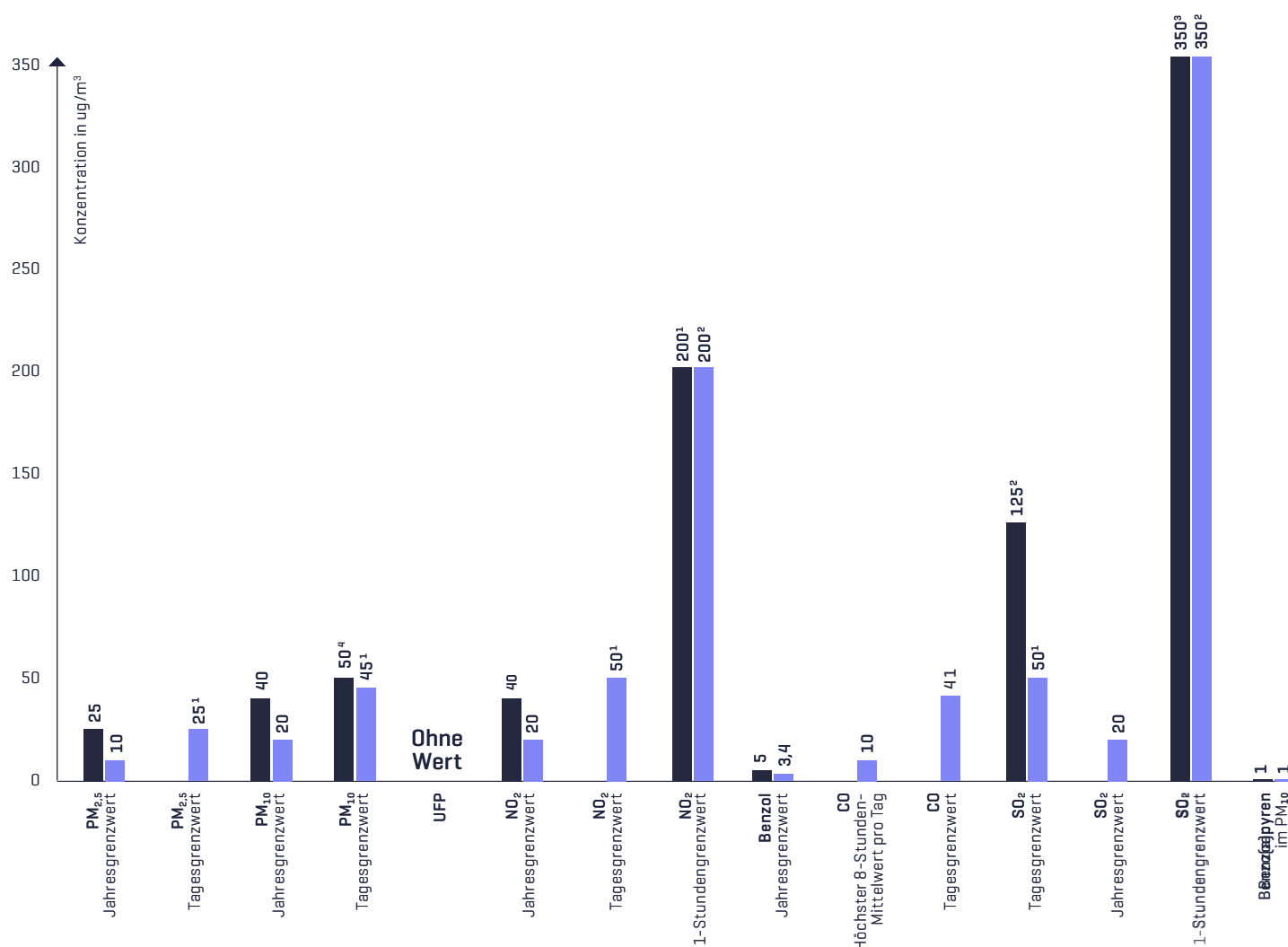
PARAMETER	IMMISSIONSWERT	ZEITBEZUG	MESS-STATION LHY4	MESS-STATION LHY7	MOBILE MESS-STATION
STICKSTOFFDIOXID (NO ₂)	40 µg/m ³ 200 µg/m ³ (18 Überschreitungen p. a. erlaubt)	Jahresgrenzwert 1-h-Grenzwert	●	●	●
STICKSTOFFMONOXID (NO)	-	-	●	●	●
FEINSTAUB PM ₁₀	40 µg/m ³ 50 µg/m ³ (35 Überschreitungen p. a. erlaubt)	Jahresgrenzwert Tagesgrenzwert	-	●	●
FEINSTAUB PM _{2,5}	25 µg/m ³	Jahresgrenzwert	-	●	●
OZON (O ₃)	120 µg/m ³ (25 Überschreitungen p. a. erlaubt, gemittelt über 3 Jahre)	Jahreszielwert für gleitenden 8-h-Mittelwert	-	●	●
	180 µg/m ³	Informationsschwelle [1-h-Mittelwert] Zusätzlich Alarmschwelle			
	-	-			
KOHLENSTOFFMONOXID (CO)	-	-	-	●	-
SCHWEFELDIOXID (SO ₂)	125 µg/m ³ (3 Überschreitungen p. a. erlaubt)	Tagesgrenzwert	-	●	●
	350 µg/m ³ (24 Überschreitungen p. a. erlaubt)	1-h-Grenzwert			
BTEX (Benzol, Ethylbenzol, Toluol, Xylol)	5 µg/m ³ Grenzwert für Benzol	Jahresgrenzwert	-	●	●
BENZO(A)PYREN IM PM ₁₀	1 ng/m ³	Jahreszielwert	-	●	●
N-ALKANE (C ₆ -C ₁₄)	-	-	-	●	●
TEMPERATUR	-	-	-	●	●
RELATIVE FEUCHTE	-	-	-	●	●
WINDGESCHWINDIGKEIT	-	-	-	●	●
WINDRICHTUNG	-	-	-	●	●
LUFTDRUCK	-	-	-	●	●
GLOBALSTRAHLUNG	-	-	-	●	-

Tabelle 1 Vorgaben der 39. BImSchV und Übersicht der am Flughafen München überwachten Luftschadstoffe

Bewertung nach neuer EU- Luftqualitätsrichtlinie

Mit der neuen Luftqualitätsrichtlinie der EU 2024/2881 vom 23. Oktober 2024 werden die Grenzwerte für Luftschadstoffe deutlich verschärft [23-24]. Ziel ist es, die Belastung der Bevölkerung durch Feinstaub, Stickstoffdioxid und andere Luftschadstoffe langfristig zu reduzieren und damit Gesundheit sowie Umwelt besser zu schützen. Die Richtlinie sieht vor, dass die neuen Grenzwerte spätestens ab dem Jahr 2030 einzuhalten sind. Am Flughafen München werden diese Werte aktuell bereits unterschritten. In der Richtlinie ist zwar eine Messung von Ultrafeine Partikel (UFP) vorgesehen, jedoch werden keine Grenz-, Leit- oder Zielwerte für UFP festgelegt.

Die folgende Grafik stellt die derzeit gültigen Grenzwerte der 39. BImSchV den künftig geltenden Anforderungen der neuen Luftqualitätsrichtlinie gegenüber. Dadurch wird deutlich, in welchen Bereichen die zulässigen Schadstoffkonzentrationen künftig abgesenkt werden und welche strengeren Anforderungen ab 2030 einzuhalten sind.



¹ darf nicht öfter als 18-mal im Kalenderjahr überschritten werden

² darf nicht öfter als 3-mal im Kalenderjahr überschritten werden

³ darf nicht öfter als 24-mal im Kalenderjahr überschritten werden

⁴ darf nicht öfter als 35-mal im Kalenderjahr überschritten werden

Die wichtigsten Parameter im Detail

STICKSTOFFDIOXID NO_2

Entstehung

- Verbrennungsprozesse in Industrie, im Straßen-, Schiffs- und Luftverkehr
- Vulkane, Waldbrände, Blitze
- Primär wird Stickstoffmonoxid (NO) emittiert, das in der Atmosphäre mit Ozon (O_3) zu Stickstoffdioxid (NO_2) umgewandelt wird. Die Summe der Stickstoffoxide ($\text{NO} + \text{NO}_2$) wird als NO_x bezeichnet.

Wirkung

- Reizgas mit stechend-stickigem Geruch, das bereits in geringen Konzentrationen wahrgenommen wird
- Stickstoffdioxid (NO_2) kann in tiefere Bereiche der Lunge eindringen und zu Atemwegserkrankungen führen.
- Der Eintrag von Stickstoff in Ökosysteme fördert das Pflanzenwachstum und trägt zur Eutrophierung bei. Gemeinsam mit Schwefelverbindungen kommt es zur Versauerung von Böden und Gewässern.

FEINSTÄUBE PM_{10} UND $\text{PM}_{2,5}$

Definition und Eingrenzung

- PM_{10} oder Schwebstaub: Feinstaub mit einem Durchmesser kleiner als 10 Mikrometer ($1/100 \text{ mm}$)
 - $\text{PM}_{2,5}$: Feinstaub mit einem Durchmesser kleiner als 2,5 Mikrometer ($1/400 \text{ mm}$)
- Abb. 8

Entstehung

- in der Natur: Pollen, Sporen, Vulkanstaub, Seesalz oder »Saharastaub«
- durch den Menschen: Verbrennungsmotoren in Kraftwerken, industrielle Prozesse, Holzverbrennung in Öfen, Zigarettenrauch

Wirkung

- Aufnahme über die Lunge bis in die Bronchien oder Lungenbläschen
- Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen

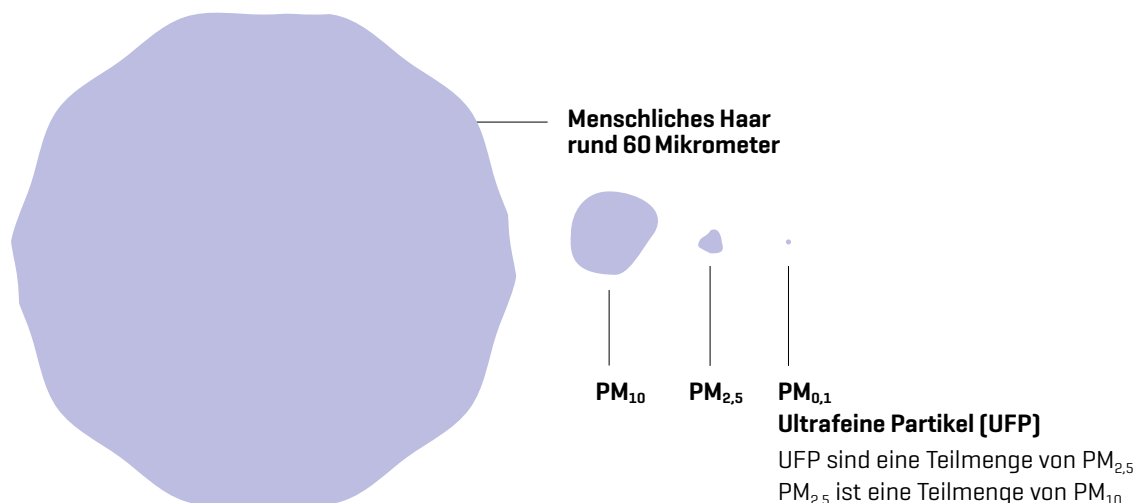
OZON O_3

Entstehung

- Ozon (O_3) entsteht unter anderem durch die Spaltung von Stickstoffoxiden durch Sonnenlicht.
- Leichtflüchtige Kohlenwasserstoffverbindungen in der Atmosphäre verstärken diesen Prozess.
- Die Bildung von O_3 ist nicht regional begrenzt. Internationale Anstrengungen sind zur Regulierung notwendig.

Wirkung

- O_3 schädigt das Pflanzenwachstum und führt in der Landwirtschaft zu niedrigeren Erträgen.
- In hohen Konzentrationen verursacht es Atemwegsschmerzen und Herz-Kreislauf-Probleme.
- Ozonkonzentrationen können indirekt durch die Begrenzung der Emissionen von Kohlenwasserstoffen und Stickstoffoxiden kontrolliert werden [17].



8 Darstellung des Größenverhältnisses PM₁₀ – PM_{2,5} – Ultrafeinstaub (UFP)

Ultrafeine Partikel – ein Forschungsthema

Definition und Eingrenzung

- Ultrafeine Partikel: Feinstaubpartikel mit einem Durchmesser kleiner als 0,1 Mikrometer (1/10.000 mm)
- wichtig: PM₁₀ enthält PM_{2,5} und Ultrafeinstaub als Teil der Gesamtmasse

Entstehung

- durch den Menschen: Landwirtschaft, Industrie, Straßen-, Schiffs- und Luftverkehr
- natürliche Quellen: Vulkane, Wälder, Meere und Waldbrände

Wirkung und Diskussion

- UFP haben eine geringe Masse und werden durch den Wind weiter verteilt als größere Partikel.
- UFP können über die Atemwege in die Lunge und weiter in die Blutbahn gelangen.
- Über die genaue Wirkung im Organismus ist wenig bekannt. Diese hängt von der Zusammensetzung ab.
- Studien zu toxikologischen und epidemiologischen Auswirkungen sind noch unzureichend für eine Bewertung der gesundheitsgefährdenden Wirkungen [14].

Forschungsthema UFP

- Die Untersuchung, Messung und Bewertung von UFP ist noch ein Forschungsthema.
- Am Flughafen München führt die Universität Bayreuth UFP-Messungen im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz (StMUV) in den Gemeinden Hallbergmoos und Freising durch.

- Das Hessische Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie misst UFP im Umfeld des Frankfurter Flughafens. Die Ergebnisse der Untersuchungen bestätigen, dass der Flughafen Frankfurt eine Quelle für UFP ist [15; 16].
- Weitere Untersuchungen werden in Berlin im Rahmen des Projekts »ULTRAFLEB« des Umweltbundesamts am Flughafen Berlin und im Rahmen der BEAR-Studie durch die Universitätsmedizin Berlin und die Universität Düsseldorf durchgeführt.

Bewertung

- Es sind einheitliche Verfahren zur Messung von UFP mit standardisierten Geräten nach Normvorgaben notwendig. Die Messgeräte müssen für Außenluftmessungen geeignet sein, einer hinreichenden Qualitätssicherung unterliegen und hinsichtlich des zu messenden Größenbereichs vergleichbar sein. Mobile Handgeräte entsprechen diesen Anforderungen nicht.
- Es gibt keine Grenz- oder Zielwerte beziehungsweise keinen Bewertungsmaßstab für die Gefährdung der menschlichen Gesundheit durch UFP.

$5,15 \times 10^{18} \text{ kg}$

[5,15 Billionen Tonnen]
Masse der Atmosphäre

1 Bar

beträgt der Luftdruck auf der Erde, verursacht durch das Gewicht der Luftsäule über uns.

31 %

beträgt der Anstieg der Kohlendioxidkonzentration seit 1960.

350 Mio. Jahre

dauerte es, bis durch das Auftreten von Pflanzen die heutigen Sauerstoffmengen erreicht wurden.

13-15 km

hoch liegt die Ozonschicht, die uns vor schädlicher Sonneneinstrahlung schützt – während hohe Ozonwerte am Boden gesundheitsschädlich sind.

2.050 Tonnen

Feinstaub werden jedes Jahr in der Neujahrsnacht durch Feuerwerk freigesetzt – etwa ein Prozent der jährlichen Emissionen in Deutschland.

[Ausgewählte Zahlen zur Atmosphäre]

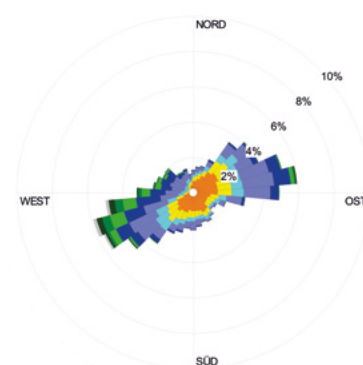
Stationäre Luftgütemessung am Flughafen München

Luftfahrzeuge starten und landen aus flugsicherheits-technischen Aspekten grundsätzlich gegen den Wind. Aufgrund der parallel ausgerichteten West-Ost-Lage der beiden Start- und Landebahnen am Flughafen München ergeben sich zwei Betriebsrichtungen: Die Betriebsrichtung West [Starts und Landungen Richtung Westen] wird im Jahresdurchschnitt zu rund zwei Drittel der Betriebszeit genutzt, die Betriebsrichtung Ost zu rund einem Drittel. Der Flughafen München überwacht an zwei stationären Luftgütemessstationen [LHY4 und LHY7] den Einfluss des Luftverkehrs auf die Luftqualität. Die Auswahl der Standorte im Westen und im Osten der Südbahn erfolgte entlang der Hauptwindrichtungen, um den Einfluss des Flughafens bestmöglich erfassen zu können.

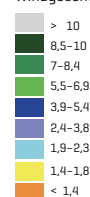
► Abb. 9

Diese Anordnung der Messstationen ermöglicht einen sogenannten »Lee-Luv-Vergleich«. Das bedeutet, dass je nach Windbedingungen Rückschlüsse auf den Beitrag des Flugbetriebs zu den Immissionen durch den Vergleich der Messwerte der beiden Stationen gezogen werden können.

Die beiden Luftgütemessstationen am Flughafen München werden im Auftrag der FMG von einem nach § 29b BImSchG zertifizierten, akkreditierten und notifizierten Prüflaboratorium betrieben. Die gemessenen Parameter orientieren sich an den Vorgaben der 39. BImSchV **[11]** und gehen darüber hinaus. Die Auswahl der Messstandorte sowie -parameter erfolgte in Abstimmung mit dem Bayerischen Landesamt für Umwelt [BayLfU].



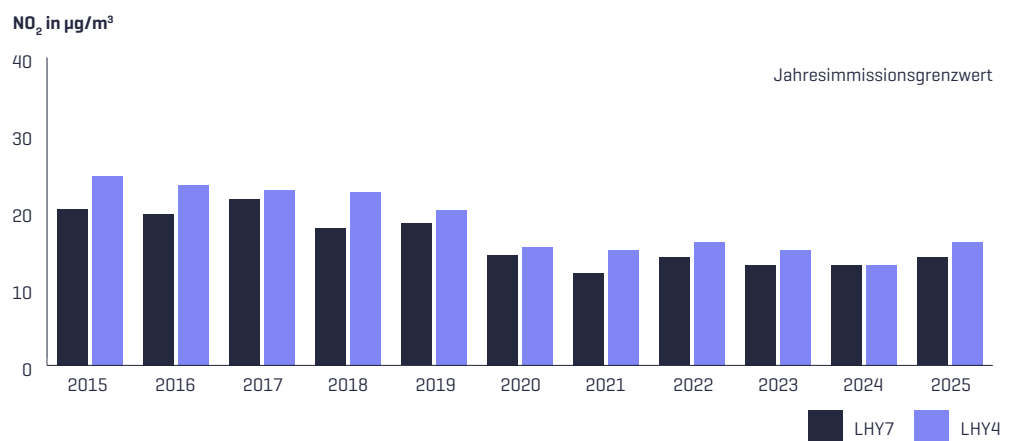
Windgeschwindigkeit (m/s)



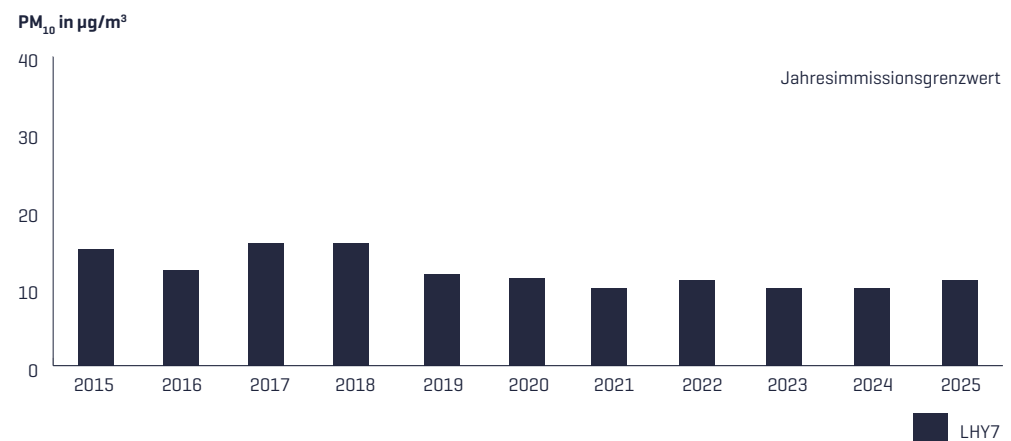
9 Standorte LHY4 und LHY7 sowie Betriebsrichtungsverteilung über zehn Jahre (linkes Bild) und Windrose 2025 (rechts)

Die Ergebnisse der Luftschadstoffmessungen belegen, dass alle am Flughafen oder in der Flughafenregion gemessenen Luftschadstoffe deutlich unter den Grenzwerten der 39. BImSchV liegen. Modellierungen zeigen, dass die Konzentrationen der Luftschadstoffe in der Flughafenregion hauptsächlich von der Hintergrundbelastung bestimmt werden. Diese Belastung entsteht nicht durch den Flugverkehr und den Betrieb des Flughafens, sondern durch andere Emissionen, wie beispielsweise aus Straßenverkehr, Industrie und Heizung auf großräumiger Ebene.

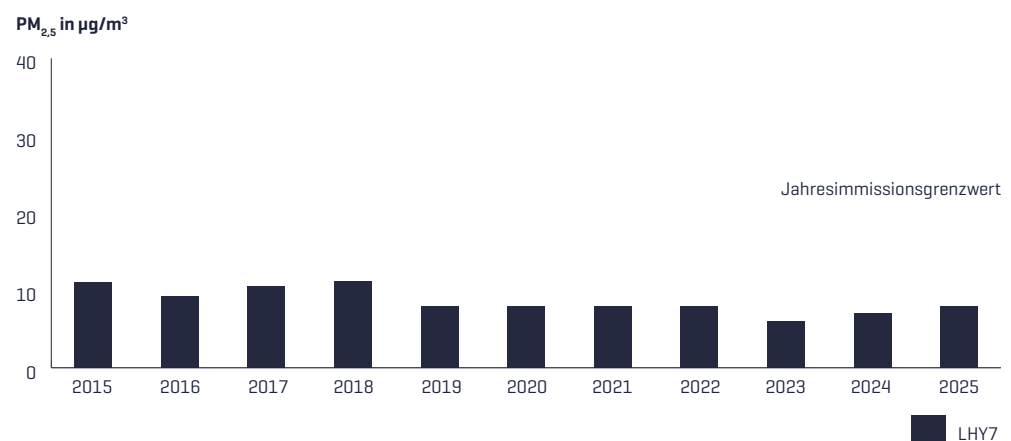
10 Stickstoffdioxidkonzentrationen [Jahresmittelwerte] seit 2015 an den stationären Messstationen (LHY4 und LHY7)



11 Feinstaubkonzentrationen [Jahresmittelwerte] seit 2015 an der stationären Messstation LHY7



12 Feinstaubkonzentrationen [Jahresmittelwerte] seit 2015 an der stationären Messstation LHY7



Der Langzeitverlauf der wichtigsten Luftschadstoffe (NO_2 , PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$), die auf dem Flughafen-Campus gemessen werden, zeigt eine abnehmende oder konstante Tendenz, obwohl der Flugverkehr bis 2019 stetig zugenommen hat. Lediglich der Langzeitverlauf von Ozon (nicht dargestellt) steigt leicht, folgt damit aber der überregionalen Entwicklung. Die Stickstoffoxidkonzentrationen am Flughafen München liegen etwa auf dem Niveau von (vor-)städtischen Gebieten, während sich die Feinstaubkonzentrationen seit Jahren auf dem Niveau des ländlichen Hintergrunds befinden [18; 19].

Alle Ergebnisse der stationären und der mobilen Luftgütemessungen sind online mit einem 20-minütigen Zeitversatz über das Luftgütemonitoring www.munich-airport.de/lumo abrufbar.

Über das ebenfalls unter dem Link abrufbare Webreporting des Flughafens München lassen sich auch alle historischen Daten zur Luftgüte einsehen.

Im Jahr 2020 führte die Covid-19-Pandemie zu einem drastischen Rückgang des Flugverkehrs am Flughafen München. Die Auswertung der Luftqualität zeigt jedoch deutlich, dass der Flugverkehr nicht der alleinige Einflussfaktor auf die Immissionsbelastung ist.

Die Stickstoffdioxidwerte (NO_2) gingen zwar gegenüber 2019 um rund ein Viertel zurück, ein klarer »Corona-Knick« in den Messdaten blieb jedoch trotz eines Rückgangs des Flugverkehrs um etwa 65 Prozent aus. Modellrechnungen zeigen, dass neben geringeren Emissionen aus dem Flugbetrieb auch die allgemein gesunkene Hintergrundbelastung maßgeblich zur Verbesserung beigetragen hat.

Bei den Feinstaubwerten (PM_{10} und $\text{PM}_{2,5}$) zeigte sich nahezu keine Veränderung. Sie werden vor allem durch meteorologische Bedingungen und die großräumige Hintergrundbelastung bestimmt, während der Einfluss des Flugverkehrs insgesamt gering ist.

MESSUNG ULTRAFEINER PARTIKEL

Das Bayerische Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz hat mit dem Projektverbund »Messung, Charakterisierung und Bewertung ultrafeiner Partikel« und mehreren Messprogrammen die Erforschung von UFP vorangetrieben. Im Frühjahr 2021 hat das Landesamt für Umwelt (BayLfU) drei Messstationen zur Messung von UFP in München (Johanneskirchen), Augsburg (LfU) und Regensburg (Universität) in Betrieb genommen. Seit April 2021 misst die Universität Bayreuth UBT im Auftrag des Bayer. Umweltministeriums an zwei Standorten im Umfeld des Münchner Flughafens in Freising (Stadtgärtnerei) und in Hallbergmoos (Volksfestplatz) ebenfalls UFP. Erste Ergebnisse wurden nun mit dem sechstem Zwischenbericht

an den Bayerischen Landtag veröffentlicht und sind online verfügbar [22]. Die Ergebnisse zeigen, dass die Konzentrationen in Freising und Hallbergmoos auf einem ähnlichen Niveau liegen wie in Regensburg, Augsburg und München-Johanneskirchen. Die gemessenen Jahresmittelwerte für das Jahr 2024 sind in **► Tabelle 2 (S. 26)**, die Einordnung der Tages- und Stundenmittelwerte in **► Tabelle 3 (S. 26)** dargestellt. Weitere Informationen zu den Messungen finden Sie über den QR-Code unten.

Die FMG unterstützt die UFP-Messungen der Universität Bayreuth mit Daten zum Luftverkehr sowie mit einer mobilen Luftgütemessstation am Standort Hallbergmoos.



Weitere Informationen zu den UFP-Messungen im Umfeld des Flughafens München finden Sie online.

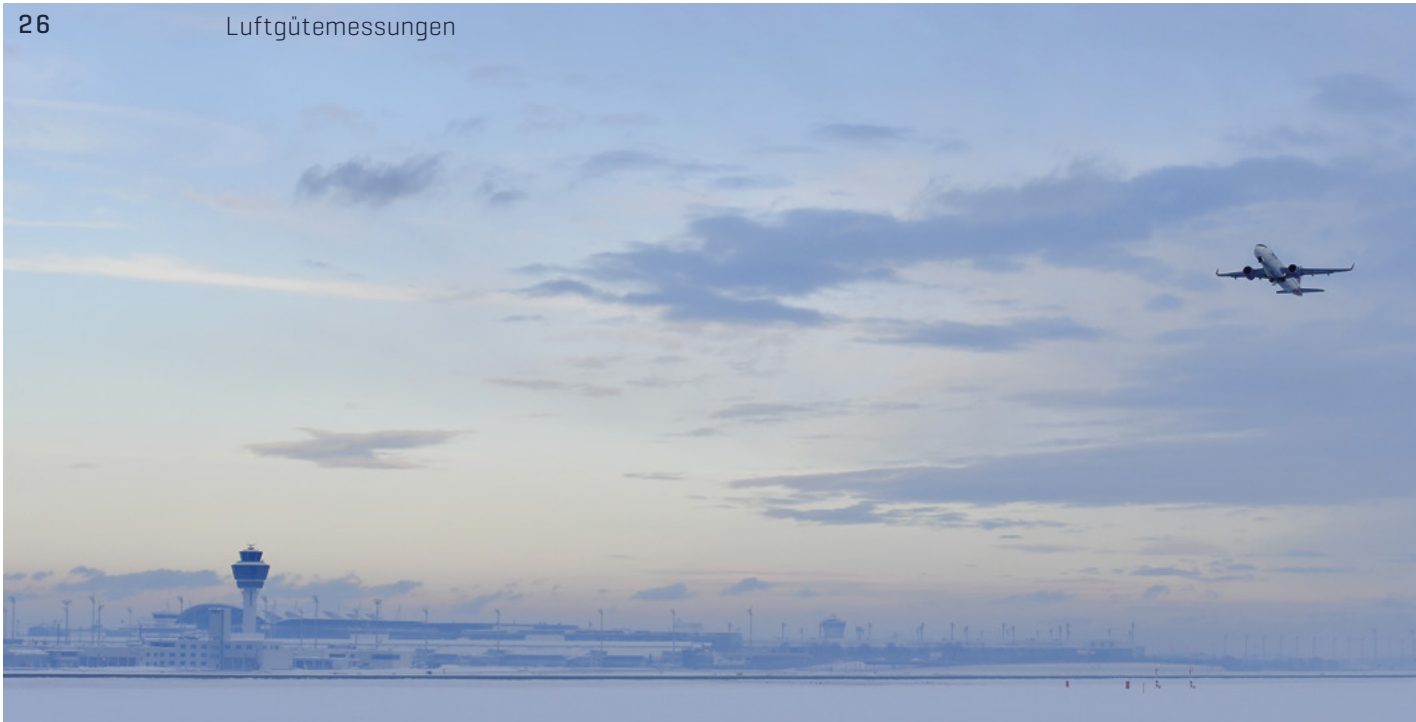


Tabelle 2 Jahresmittelwert der UFP-Anzahlkonzentration im Zeitraum 2022-2024 an verschiedenen Standorten [gerundet auf volle 100]

MESSSTANDORT	GEMESSEN VON	MITTELWERT DER ANZAHL-KONZENTRATION 2022-2024 [PARTIKEL PRO CM ³]
Augsburg, LfU	LfU	7.000
München, Johanneskirchen	LfU	7.200
Regensburg, Universität	LfU	8.200
Freising	UBT	8.600
Hallbergmoos	UBT	8.300

Für eine Einordnung der Konzentrationen von UFP werden im sechsten Zwischenbericht des StMUV die von der WHO im Jahr 2021 in der Luftqualitätsleitlinie veröffentlichten Orientierungswerte herangezogen. Diese dienen aber nur als grundlegender Vergleichsmaßstab und lassen keine Aussage über die Umweltauswirkungen zu.

Insbesondere sind mit dieser Klassifizierung keine gesundheitlichen Bewertungen verbunden. Als hohe UFP-Konzentration wird danach ein Wert von über 10.000 Partikeln/cm³ im Tagesmittel und über 20.000 Partikeln/cm³ im Stundenmittel angesehen.

Tabelle 3 Anteile der Tages- und Stundenmittelwerte des Jahres 2024, die unter den WHO-Orientierungswerten zur Einstufung hoher UFP-Anzahlkonzentrationen lagen [gerundet auf ganze %-Punkte].

MESSSTANDORT	TAGESMITTELWERTE UNTER 10.000 CM ⁻³	STUNDENMITTELWERTE UNTER 20.000 CM ⁻³
Augsburg, LfU	89 %	99 %
München, Johanneskirchen	90 %	99 %
Regensburg, Universität	70 %	97 %
Freising	67 %	94 %
Hallbergmoos	70 %	93 %

Mobile Luftgütemessung in der Region

Die stationären Luftgütemessstationen ergänzt der Flughafen München seit 2014 durch den Einsatz einer mobilen Luftgütemessstation. Diese Anlage wird den Gemeinden in der Region kostenlos zur Verfügung gestellt. Auch die mobile Messstation ist für Immissionsmessungen gemäß 39. BImSchV ausgestattet und wird im Auftrag der FMG von einem zertifizierten, akkreditierten und notifizierten Prüflaboratorium betrieben. Ihre Ausrüstung ist mit dem Bayerischen Landesamt für Umwelt abgestimmt und entspricht den Anforderungen einer Luftgütemessstation im Sinne des Bayerischen Landesüberwachungssystems.

Die mobile Messstation des Flughafens ist auf einem Anhänger montiert und kann daher an alle mit einem Pkw erreichbaren Standorte transportiert werden. Der genaue Aufstellort wird in Absprache zwischen dem

Landesamt für Umwelt, der anfordernden Gemeinde, dem beauftragten akkreditierten Gutachterbüro und der Umweltabteilung der FMG festgelegt. Die Messungen erstrecken sich üblicherweise über einen Zeitraum von etwa sechs Monaten, entweder im ersten oder zweiten Halbjahr, um jeweils sowohl den Winter als auch den Sommer abzudecken. Die mobile Luftgütemessstation misst die im Umfeld eines Flughafens relevanten Luftschadstoffe und die meteorologischen Randparameter. Die Messergebnisse werden auf Wunsch der Kommunen präsentiert und auf den Internetseiten des Flughafens veröffentlicht.

Der Flughafen München hat diese Umweltleistung als erster Flughafen in Deutschland angeboten. Mit dieser freiwilligen Maßnahme gewährleistet die FMG größtmögliche Transparenz über den Einfluss des Flughafens auf die Luftqualität in der Region.



13 Außenansicht der mobilen Luftgütemessstation an der Kita »Airport Hopser« im Besucherpark des Flughafens

Bis Ende des Jahres 2025 wurden folgende Standorte für die mobile Luftgütemessstation genutzt: Eitting, Pulling, Fraunberg, Haimhausen, Ismaning, Schwaig/Oberding, Wartenberg, Hallbergmoos, die Kita »Airport Hopser« in der Nähe des Besucherparks und die Nordbahn des Flughafens.

Zur besseren Verständlichkeit der Messergebnisse werden die Messdaten gemäß dem sogenannten »Langzeit-Luftqualitätsindex« (LaQx) für Benzol, Stickstoffdioxid (NO_2), Schwefeldioxid (SO_2) und Feinstaub (PM_{10}) ausgewertet [20].

Der LaQx basiert auf dem Schulnotensystem und reicht von Klasse 1 [»sehr gut«] bis 6 [»sehr schlecht«]. Er bewertet die durchschnittliche Luftqualität eines Jahres. Für Aussagen über kürzere Zeiträume kann er nur unterstützend herangezogen werden.

► **Tabelle 4**

In ► **Abbildung 14** sind die Standorte und Messergebnisse der mobilen Luftgütemessstation seit 2014 grafisch, in ► **Tabelle 5** tabellarisch dargestellt. [So ergibt sich eine Bewertung »gut« auf S. 3 für das Kalenderjahr 2025]. Die in der 39. BImSchV festgelegten Grenz- und Zielwerte wurden nicht überschritten.

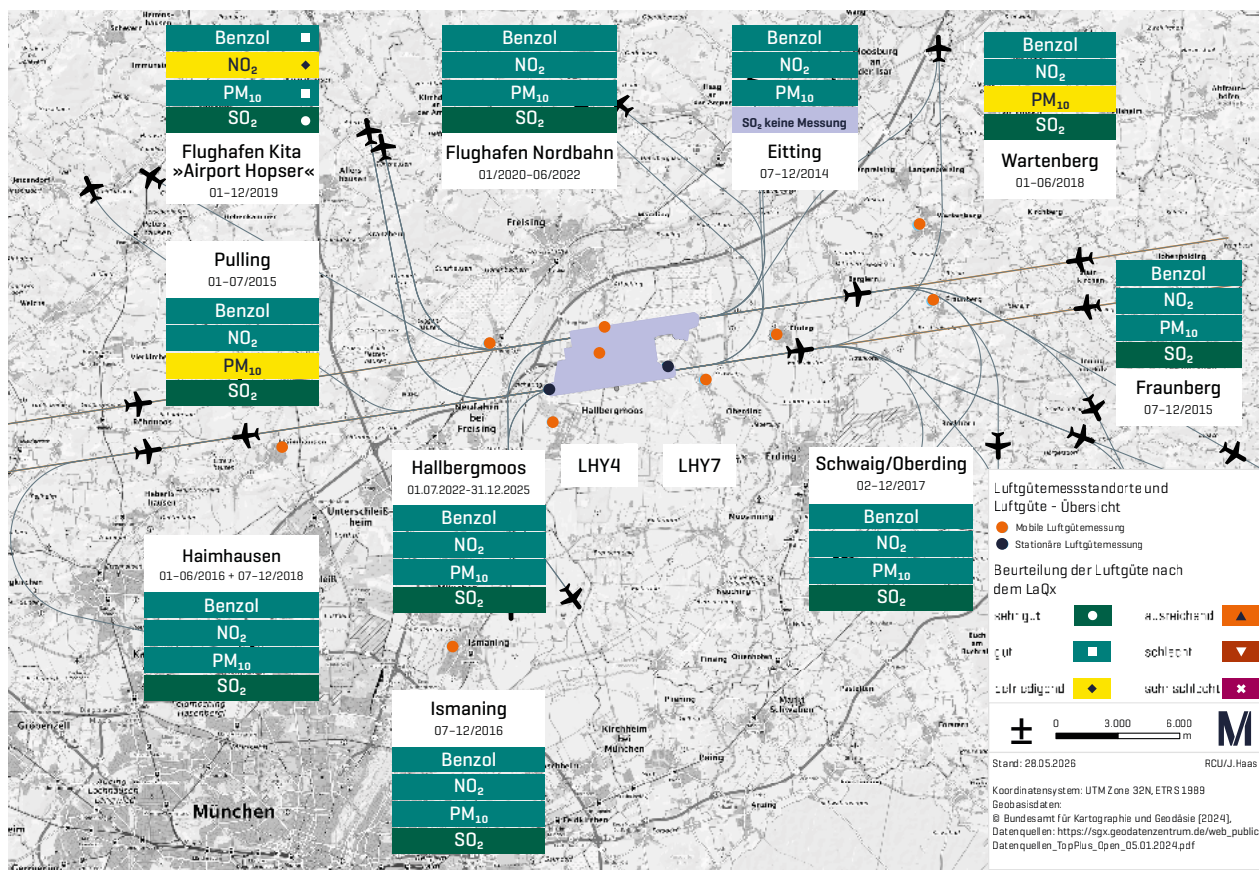
Ergänzend zum LaQx können für die Bewertung der Luftqualität in kurzen Zeiträumen der Luftqualitätsindex des Lufthygienischen Landesüberwachungssystems Bayern (LÜB) sowie der Luftqualitätsindex (LQI) des Umweltbundesamtes herangezogen werden. [25; 26].

Diese sind als Kurzzeit-Luftqualitätsindizes einzuordnen und bewerten den 1-Stunden bzw. den gleitenden 8-Stunden-Mittelwert der gemessenen Konzentrationen.



BEWERTUNG	Benzol $\mu\text{g}/\text{m}^3$	NO_2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PM_{10} $\mu\text{g}/\text{m}^3$	SO_2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	LaQx KLASSE	FARBE
SEHR GUT	0,0-0,2	0-12	0-7	0-5	1	●
GUT	0,3-1,0	13-20	8-15	6-10	2	■
BEFRIEDIGEND	1,1-2,0	21-30	16-30	11-20	3	◆
AUSREICHEND	2,1-5,0	31-40	31-40	21-120	4	▲
IMMISSIONSGRENZWERT	5	40	40	120		
SCHLECHT	5,1-25,0	41-200	41-50	121-350	5	▼
SEHR SCHLECHT	> 25	> 200	> 50	> 350	6	✖

Tabelle 4 Bewertung der Luftqualität nach Langzeit-Luftqualitätsindex



14 Lage der Messstandorte und Messergebnisse der mobilen Luftgütemessstation seit 2014.
 Die Messwerte der stationären Messstationen finden sich im Webreporting.



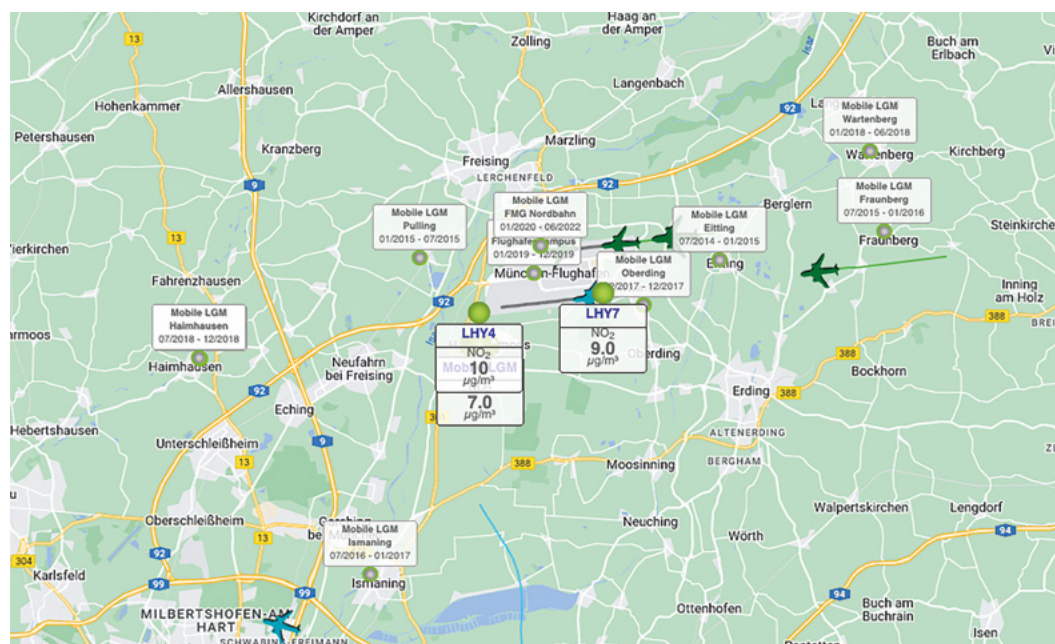
Über das Webreporting des Flughafens München lassen sich auch alle historischen Daten zur Luftgüte einsehen.

	NO ₂ µg/m ³	PM ₁₀ µg/m ³	PM _{2,5} µg/m ³	O ₃ µg/m ³	SO ₂ µg/m ³	BENZOL µg/m ³	BENZO[A]PYREN µg/m ³
EITTING 2. HJ 2014	18	14	11	35	-	0,7	0,00021
PULLING 1. HJ 2015	18	16	12	54	2	0,4	0,00016
FRAUNBERG 2. HJ 2015	17	14	10	27	2	0,3	0,00048
HAIMHAUSEN 1. HJ 2016	17	12	9	41	2	0,3	0,00015
ISMANING 2. HJ 2016	19	14	11	35	2	0,9	0,00027
SCHWAIG/ OBERDING 2017	15	12	9	50	2	0,5	0,00017
WARTENBERG 1. HJ 2018	14	17	13	60	2	0,7	0,00024
HAIMHAUSEN 2. HJ 2018	20	15	10	42	2	0,6	0,00017
KITA »AIRPORT HOPSER« 2019	26	13	9	41	2	0,5	0,00010
NORDBAHN 2020	16	11	8	44	2	0,5	0,00012
2021	14	11	8	47	2	0,6	0,00014
1. HJ 2022	11	11	9	63	2	0,4	0,00009
HALLBERGMOOS 1. HJ 2022	13	13	8	40	2	0,5	0,00013
2023	11	11	6	52	2	0,7	0,00007
2024	11	11	6	49	2	0,4	0,00009
2025	13	12	8	46	2	0,5	0,00012

Tabelle 5 Übersicht der mit der mobilen Luftgütemessstation ermittelten Luftschadstoffkonzentrationen



Alle Ergebnisse der stationären und der mobilen Luftgütemessungen sind online mit einem 20-minütigen Zeitversatz über das Luftgütemonitoring abrufbar.



15 Screenshot des Online-Luftgütemonitors (LuMo)



Zusätzliche Immissions- untersuchungen



BIOMONITORING

HONIGMONITORING



Biomonitoring



Seit 2006 setzt der Flughafen München Gras- und Grünkohlkulturen ein, um mit diesen Bioindikatoren mögliche Einflüsse von Luftschadstoffen zu untersuchen. Durch die Verwendung von genormten Kulturen ist es möglich, verschiedene Standorte miteinander zu vergleichen. Die Pflanzen werden im Abstand von mehreren Wochen den Umwelteinflüssen ausgesetzt, dann geerntet und im Labor auf polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe [PAK] und ausgewählte Schwermetalle untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass die Anreicherungen in den Kulturen im Umfeld des Flughafens typisch für ländliche Gebiete sind. An verkehrsnahen Standorten finden sich vereinzelt Hinweise auf den Einfluss des Straßenverkehrs. An siedlungsnahen Standorten zeigen sich die Auswirkungen

von Hausfeuerungsanlagen auf das Untersuchungsergebnis. Ein auffälliger Einfluss des Luftverkehrs war nicht feststellbar. Die Schadstoffgrenzwerte für Nahrungs- und Futtermittel werden in allen Proben eingehalten und sogar unterschritten [21].

Eine Informationsbroschüre zum Biomonitoring sowie jährliche Berichte sind über die Homepage des Flughafens abrufbar unter www.munich-airport.de/Biomonitoring.



17 Biomonitoring durch das unabhängige Gutachterbüro UMW Umweltmonitoring mit Deutschem Weidelgras

Honigmonitoring



Honig ist ein reines Naturprodukt, das bei seiner Entstehung Umwelteinflüssen ausgesetzt ist. Bienen kommen bei ihren Sammelflügen mit Schadstoffen in der Luft, im Regen und auf den Blüten in Kontakt und nehmen diese auf. Die Schadstoffe können dabei entweder die Bienen selbst gefährden oder als Rückstände in Pollen, Wachs oder Honig verbleiben. Anlieger und Anliegerinnen äußerten deshalb die Befürchtung, dass Honig aus dem Umland des Flughafens mit Schadstoffen aus den Abgasen der Flugzeuge belastet sei. Im Rahmen des Honigmonitorings untersuchen deshalb seit 2008 unabhängige Labore Pollen, Wachs und Honig von Früh- und Sommertracht auf Schadstoffe, die möglicherweise vom Betrieb des Flughafens stammen könnten. Außerdem kontrollieren Imker regelmäßig die Vitalität ihrer Bienen. Die Ergebnisse werden anhand der einschlägigen Lebensmittelverordnungen bewertet und mit Untersuchungen aus einem nicht vom Flugverkehr beeinflussten Gebiet verglichen.

Das Honigmonitoring zeigt, dass die Schadstoffgehalte des regional erzeugten Honigs ausnahmslos nicht höher sind als bei Honig aus dem flughafenfernen Vergleichsgebiet. Die Schadstoffgehalte liegen weit unterhalb der Richtwerte nach EU-Höchstmengenverordnungen für Lebensmittel. Die Luft um den Flughafen beeinträchtigt also weder die Vitalität der Bienen, noch die Qualität von Pollen, Wachs oder Honig. Der Münchner Flughafenhonig ist seit 2023 als »Bio« zertifiziert. Er erfüllt als erster Honig eines deutschen Flughafens die Vorgaben der Öko-Kontrollstelle »DE-Öko-037«. Er darf auf dem Etikett das EU-Bio-Siegel und das deutsche Bio-Siegel tragen.

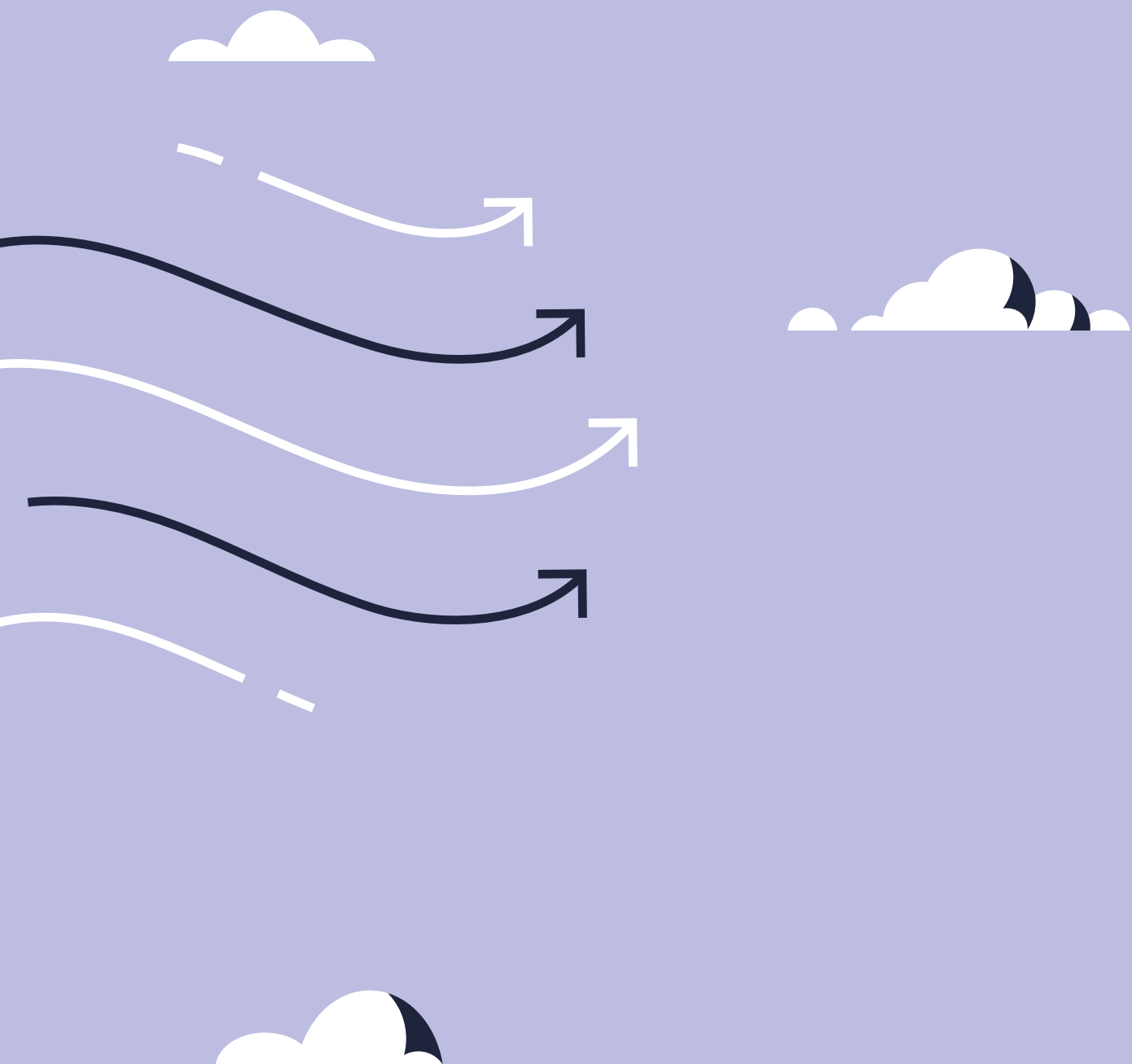
Weitere Informationen zum Honigmonitoring sind online unter www.munich-airport.de/Honig abrufbar.



18 Im Jahr 2025 produzierten 45 Bienenvölker an fünf Standorten in unmittelbarer Nähe zum Flughafen etwa 1.200 Kilogramm Honig.



Reduzierung von Luftschadstoffen



Ausgewählte Maßnahmen

Viele Luftschadstoffe haben eine Auswirkung auf das Klima. Daher gehen die Bemühungen zur Verbesserung der Luftqualität Hand in Hand mit der Reduzierung von Treibhausgasen. Der Flughafen München ergreift eine ganze Reihe von Maßnahmen, um den Ausstoß von Luftschadstoffen zu verringern.

Emissionsabhängige Landeentgelte

Seit dem 1. Januar 2008 erhebt der Flughafen München emissionsabhängige Landeentgelte, um den Airlines einen Anreiz zur Verwendung schadstoffarmer Triebwerke zu bieten. Die zusätzliche Landegebuhr errechnet sich nach der Menge an ausgestoßenem Stickstoffdioxid aus den Triebwerken pro Kilogramm und **LTO-Zyklus**. Das heißt, dass für Flugzeuge mit geringen Stickstoffdioxid-Emissionen auch geringere Landeentgelte anfallen.

Kraft-Wärme-Kopplung

Der Flughafen München nutzt ein modernes Blockheizkraftwerk (BHKW), das hauptsächlich Erdgas als Brennstoff verwendet und nach dem Prinzip der »**Kraft-Wärme-Kopplung**« arbeitet. Es erzeugt also gleichzeitig mechanische Energie, die in Strom umgewandelt wird, und Wärme. Damit ist es möglich, die Grundlast an elektrischer und thermischer Energie für den Konzern, seine Mietenden und Passagiere äußerst energieeffizient bereitzustellen. Das BHKW deckt etwa 60 Prozent des Strombedarfs des Flughafens ab. Rund 75 Prozent seiner benötigten Jahresheizwärme produziert der Flughafen München durch die hocheffiziente Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung. Das BHKW hat eine Gesamtleistung von 24 Megawatt, was theoretisch ausreichen würde, um 50.000 Privathaushalte mit Strom zu versorgen. Etwa die Hälfte des verbleibenden Wärmebedarfs wird nachhaltig als Fernwärme aus einem Biomasse-Heizkraftwerk in Zolling bezogen.

PCA-Anlagen zur Klimatisierung von Flugzeugen

Am Boden erzeugen Flugzeuge normalerweise mit eigenen Hilfstriebwerken, den sogenannten »**Auxiliary Power Units**« (APU), Energie für die Stromversorgung an Bord und die Klimatisierung. Um die Emissionen des Luftverkehrs zu reduzieren, hat der Flughafen München in »**Pre-Conditioned-Air**«-Anlagen (PCA) investiert: Sie versorgen Flugzeuge an 64 Parkpositionen mit Strom und klimatisierter Luft. Im Vergleich zu bordeigenen oder bodenseitigen Klimatisierungssystemen emittieren diese Anlagen deutlich weniger Schadstoffe.

Emissionsarme Vorfeldgeräte und Fahrzeuge

Um den Schadstoffausstoß zu senken, setzt der Flughafen München vermehrt auf verbrauchsärmere Fahrzeuge und regenerative Kraftstoffe in seinem Fuhrpark. Die **E-Mobilität** wird am Flughafen München gezielt gefördert. Bis zum Jahr 2030 sollen nahezu alle Fahrzeuge des Airports elektrisch fahren. Parallel dazu investiert der Flughafen in den Ausbau der Ladeinfrastruktur und plant hierfür den Neubau eines dritten Stromnetzes.

Sustainable Aviation Fuels

Sustainable Aviation Fuels (SAF) sind nachhaltige Flugkraftstoffe (Biomass to Liquid, BtL), die z.B. aus biogenen Reststoffen oder mithilfe erneuerbarer Energien (Power-to-Liquid, PtL) hergestellt werden. Im Vergleich zu fossilem Kerosin können sie – über den gesamten Lebenszyklus betrachtet – die CO₂-Emissionen aber auch Ruß- und UFP-Emissionen deutlich reduzieren. SAF gelten als zentraler Hebel, um die Klimawirkung des Luftverkehrs zu reduzieren.

Um den Markthochlauf nachhaltiger Kraftstoffe voranzutreiben, hat die Europäische Union verbindliche Beimischungsquoten beschlossen. Diese gelten für den durch die Raffinerien innerhalb der EU vertriebenen Flugkraftstoff und steigen schrittweise an:

Jahr	Mindestanteil SAF	Davon synthetische Kraftstoffe (PtL)
2025	2 %	0,0 %
2030	6 %	1,2 %
2032	6 %	2 %
2035	20 %	5 %
2040	34 %	10 %
2045	42 %	15 %
2050	70 %	35 %

Diese Vorgaben sollen Investitionen in Produktion und Infrastruktur anstoßen und langfristig zu einer breiten Verfügbarkeit von SAF beitragen. Damit leisten nachhaltige Flugkraftstoffe einen wichtigen Beitrag auf dem Weg zu einer klimaverträglicheren Luftfahrt – eingebettet in ein Bündel weiterer Maßnahmen.

Wussten Sie, dass ...

... viele verschiedene Player Emissionen untersuchen?

Die NASA und andere Institute führen Untersuchungen durch, um die Zusammensetzung des »heißen« Abgasstrahls beim Verlassen des Flugzeugtriebwerks zu beschreiben. Die Ergebnisse solcher Emissionsuntersuchungen sind jedoch abhängig vom jeweiligen Triebwerkstyp und beziehen sich ausschließlich auf die Zusammensetzung der Abgase unmittelbar nach dem Ausstoß aus dem Triebwerk. Ähnlich wie Messungen am Auspuff eines Autos wenig über die Luftqualität in einem abseits der Straße gelegenen Wohngebiet aussagen, geben auch Emissionsuntersuchungen an Flugzeugtriebwerken nur begrenzt Auskunft über die tatsächlichen Umweltauswirkungen dieser Abgase nach ihrer Verdünnung in der Umgebungsluft und den dabei auftretenden Änderungen der chemischen Zusammensetzung. Sie sagen nichts über die tatsächlichen Luftbelastungen in der Nähe des Flughafens aus, da diese von den meteorologischen Bedingungen abhängen und auch von Abgasquellen, die nicht unmittelbar am Flughafen entstehen. Die Bewertung von Immissionen erfolgt in Deutschland gemäß der 39. Bundes-Immissionsschutzverordnung [39. BImSchV], die auch bei der Überprüfung der Immissionsmessungen am Flughafen München herangezogen wird.

... Fuel-Dumping nur in Ausnahmefällen eingesetzt wird?

Immer wieder äußern besorgte Bürger und Bürgerinnen die Befürchtung, dass Flugzeuge »vor der Landung Kerosin ablassen«. Diese Angst ist unbegründet. Das sogenannte »Fuel-Dumping« wird nur dann eingesetzt, wenn ein voll betanktes Flugzeug wegen eines technischen oder medizinischen Notfalls kurz nach dem Start zur Landung gezwungen ist. In solchen Fällen muss das Flugzeug aus Sicherheitsgründen Treibstoff ablassen, um sein Gewicht auf das maximal zulässige Landegewicht zu reduzieren und die Sicherheit der Passagiere zu gewährleisten. Über die Technik zum Kerosinablass verfügen nur Langstreckenflugzeuge, wie zum Beispiel die Flugzeugtypen Airbus A330 und A340 sowie Boeing B747, B767 und B777. Flugzeugtypen für Kurz- und Mittelstrecken, wie etwa Airbus A300, A310 und A320 sowie Boeing B737 und B757, können auch mit vollen Tanks wieder landen. Der Fuel-Dumping-Prozess findet nie unkontrolliert statt. Er erfolgt in Flughöhen von vier bis acht Kilometern bei einer

Fluggeschwindigkeit von mindestens 500 Kilometern pro Stunde. Im Notfall weist die Deutsche Flugsicherung [DFS] einem betroffenen Flugzeug einen Luftraum über einem Gebiet mit möglichst dünner Besiedlung zu. Im gesamten deutschen Luftraum finden jährlich nur sehr wenige Ablassvorgänge statt. Beim Fuel-Dumping wird das Kerosin an den Flügelkanten fein verwirbelt und verdunstet in der Luft. Es besteht keine Gefahr für die Gesundheit von Menschen, keine Belastung des Bodens und keine Beeinträchtigung von Natur, Landschaft, Flora und Fauna. Die Konzentration in der Atemluft ist so gering, dass von keinem gesundheitlichen Risiko auszugehen ist. Wenn bei der Landung von Verkehrsflugzeugen »Dunstfahnen« beobachtet werden, handelt es sich dabei um Verwirbelungen von Kondenswasser, das aufgrund der Druckverhältnisse an den Tragflächen entstehen kann und sich dann als sichtbare Dunstfahne von den Tragflächenkanten löst.

... schwarze Flecken auf Obst nichts mit dem Luftverkehr zu tun haben?

Im Zeitraum von August bis Oktober 2007 begutachtete die TU München, Fachgebiet Ökotoxikologie, im Auftrag der Landratsämter Erding und Freising schwarze Ablagerungen auf Obst, Gemüse und Blättern von Bäumen, die ursprünglich dem Luftverkehr zugeschrieben wurden. Dabei untersuchten die Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen 21 Proben auf Mineralölkohlenwasserstoffe [MKW] und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe [PAK], also Verbrennungsrückstände von Kerosin und anderen Treibstoffen, sowie auf Pflanzenkrankheiten. Das Ergebnis zeigte, dass es sich bei den dunklen, punktförmigen oder flächigen Belägen um einen Pilzbefall handelte, bekannt als Rußflecken- und Schmutzfleckenkrankheit. Bei dieser Krankheit siedeln sich Pilze auf zuckerhaltigen Ausscheidungen an und bilden dunkle Überzüge auf Blättern und Früchten. Die Schadbilder beider Krankheiten sind ähnlich und treten oft gemeinsam auf, insbesondere in regenreichen Spätsommern und bei biologisch erzeugtem Obst, bei dessen Anbau keine Pilzbekämpfung durch Schorfspritzungen erfolgt. In allen Proben mit Ablagerungen wurde zwar ein Pilzbefall, aber keine Verschmutzung durch Flugzeugemissionen festgestellt. Die Rußfleckenkrankheit be-

einträchtigt lediglich das Aussehen der Früchte und es konnten keine für den Menschen schädlichen Pilzgifte [Mycotoxine] nachgewiesen werden – weder an noch in den Früchten oder Fruchtprodukten.

... Filme auf Wasseroberflächen durch natürliche Prozesse entstehen?

Eine bisher durch Untersuchungen nicht belegbare, aber immer wieder geäußerte Befürchtung ist, dass »Ölfilme« in Regentonnen und auf Gewässern durch den Flugbetrieb entstünden. Tatsächlich sind jedoch natürliche, biologische und chemische Prozesse für diese lichtbrechenden Schwimmbeläge verantwortlich. In Moor- und sauren Waldgewässern können Humin- und Ligninstoffe (zum

Beispiel durch bakterielle Abbauprozesse) zu scheinbar öartigen Filmen und Schaumbildung führen. Eisen- und Manganverbindungen, die im Wasser vorkommen (beispielsweise durch Auswaschungen aus Böden), verursachen braunschwarze Überzüge auf dem Gewässergrund und dünne, lichtbrechende Filme auf der Oberfläche. Auch Beläge in Regentonnen entstehen unter Licht- und Sonneneinwirkung durch Bakterien und ihre Stoffwechselprodukte beim Abbau von organischem Material im Dachwasser. Wegen ihrer lichtbrechenden Eigenschaften ähneln sie einem Ölfilm.



Appendum

INFORMATIONEN UND ERGEBNISSE DER MOBILEN LUFTGÜTEMESSTUNGEN

Weitere Details zu den Messungen finden Sie im Webreporting unter www.munich-airport.de/lumo.

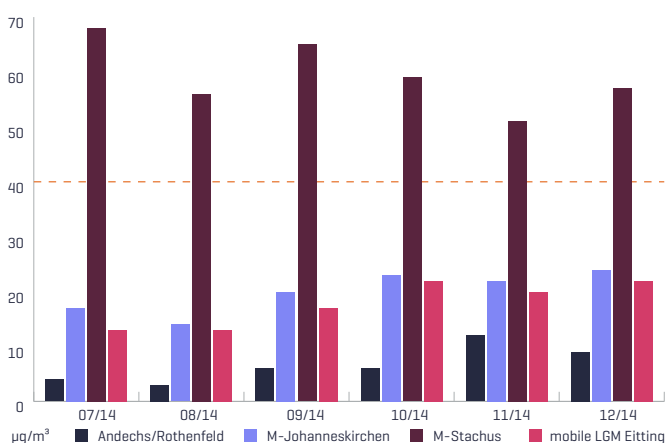


Eitting

Messzeitraum vom 1.7.2014 bis 31.12.2014



Mobile Luftgütemessstation am Kinderhaus »St. Georg« in der Gemeinde Eitting



Vergleich der NO₂-Monatsmittelwerte LÜB – mobile LGM Eitting
[Monatsmittelwerte, NO₂-Jahresgrenzwert 40 µg/m³ -----]

Eitting 2. HJ 2014 | gemessen in µg/m³

NO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	SO ₂	Benzol	Benzo[a]pyren
18	14	11	35	-	0,7	0,00021

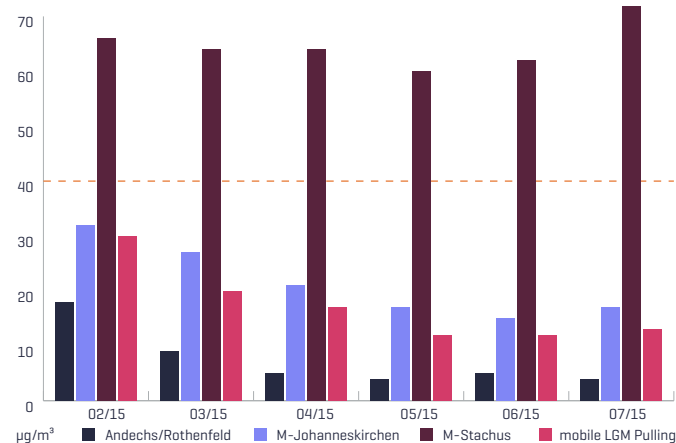
Tabellarische Übersicht über die wichtigsten, mit der mobilen LGM in Eitting ermittelten Luftschadstoffkonzentrationen

Pulling

Messzeitraum vom 24.1.2015 bis 23.7.2015



Mobile Luftgütemessstation am Park & Fly-Parkplatz in Pulling



Vergleich der NO₂-Monatsmittelwerte LÜB – mobile LGM Pulling
[Monatsmittelwerte, NO₂-Jahresgrenzwert 40 µg/m³ -----]

Pulling 1. HJ 2015 | gemessen in µg/m³

NO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	SO ₂	Benzol	Benzo[a]pyren
18	16	12	54	2	0,4	0,00016

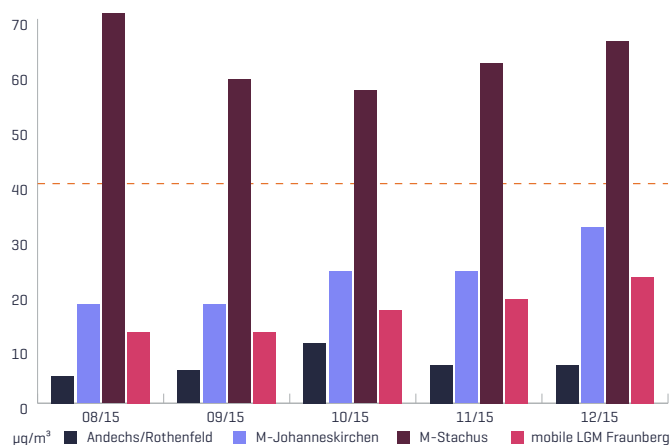
Tabellarische Übersicht über die wichtigsten, mit der mobilen LGM in Pulling ermittelten Luftschadstoffkonzentrationen

Fraunberg

Messzeitraum vom 23.7.2015 bis 11.1.2016



Mobile Luftgütemessstation am Sportplatz in Fraunberg



Vergleich der NO₂-Monatsmittelwerte LÜB – mobile LGM Fraunberg
[Monatsmittelwerte, NO₂-Jahresgrenzwert 40 µg/m³ - - -]

Fraunberg 2. HJ 2015 | gemessen in µg/m³

NO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	SO ₂	Benzol	Benzo[a]pyren
17	14	10	27	2	0,3	0,00048

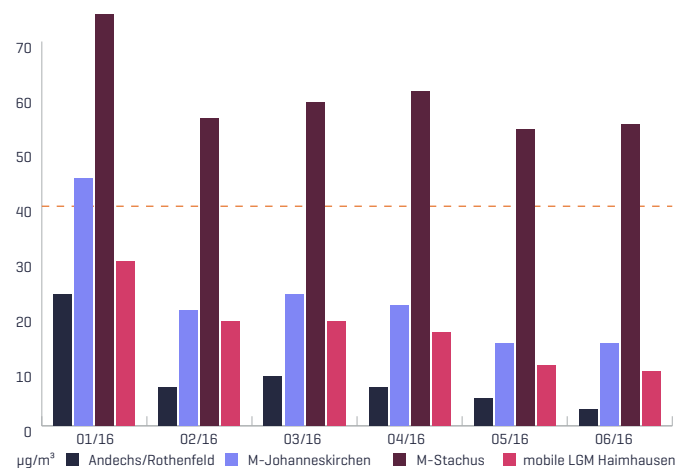
Tabellarische Übersicht über die wichtigsten, mit der mobilen LGM in Fraunberg ermittelten Luftschadstoffkonzentrationen

Haimhausen

Messzeitraum vom 11.1.2016 bis 4.7.2016



Mobile Luftgütemessstation am »östlichen Mischgebiet« in Haimhausen



Vergleich der NO₂-Monatsmittelwerte LÜB – mobile LGM Haimhausen
[Monatsmittelwerte, NO₂-Jahresgrenzwert 40 µg/m³ - - -]

Haimhausen 1. HJ 2016 | gemessen in µg/m³

NO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	SO ₂	Benzol	Benzo[a]pyren
17	12	9	41	2	0,3	0,00015

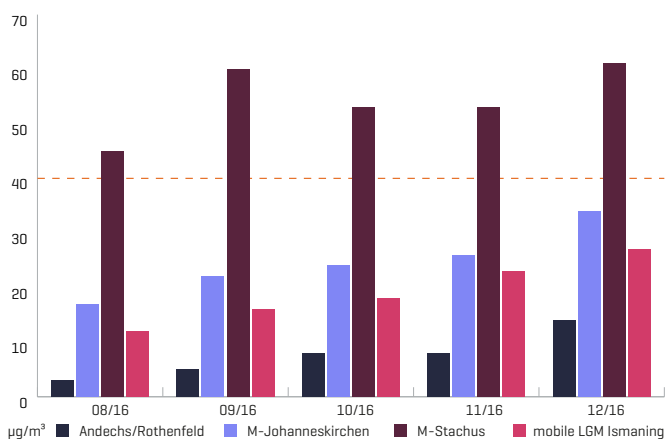
Tabellarische Übersicht über die wichtigsten, mit der mobilen LGM in Haimhausen ermittelten Luftschadstoffkonzentrationen

Ismaning

Messzeitraum vom 5.7.2016 bis 5.1.2017



Mobile Luftgütemessstation am Sportplatz FC Ismaning in Ismaning



Vergleich der NO₂-Monatsmittelwerte LÜB – mobile LGM Ismaning
[Monatsmittelwerte, NO₂-Jahresgrenzwert 40 µg/m³ -----]

Ismaning 2. HJ 2016 | gemessen in µg/m³

NO ₂	PM ₁₀	PM _{2,5}	O ₃	SO ₂	Benzol	Benzo[a]pyren
19	14	11	35	2	0,9	0,00027

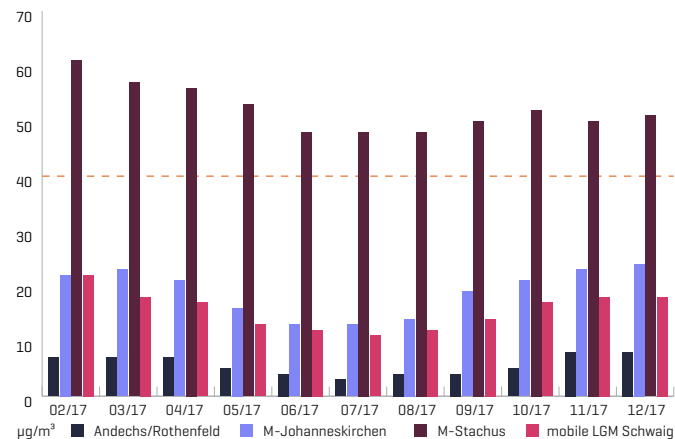
Tabellarische Übersicht über die wichtigsten, mit der mobilen LGM in Ismaning ermittelten Luftschadstoffkonzentrationen

Schwaig / Oberding

Messzeitraum vom 16.2.2017 bis 31.12.2017



Mobile Luftgütemessstation in der Gemeinde Oberding, Ortsteil Schwaig



Vergleich der NO₂-Monatsmittelwerte LÜB – mobile LGM Oberding, Ortsteil Schwaig
[Monatsmittelwerte, NO₂-Jahresgrenzwert 40 µg/m³ -----]

Schwaig / Oberding 2017 | gemessen in µg/m³

NO ₂	PM ₁₀	PM _{2,5}	O ₃	SO ₂	Benzol	Benzo[a]pyren
15	12	9	50	2	0,5	0,00017

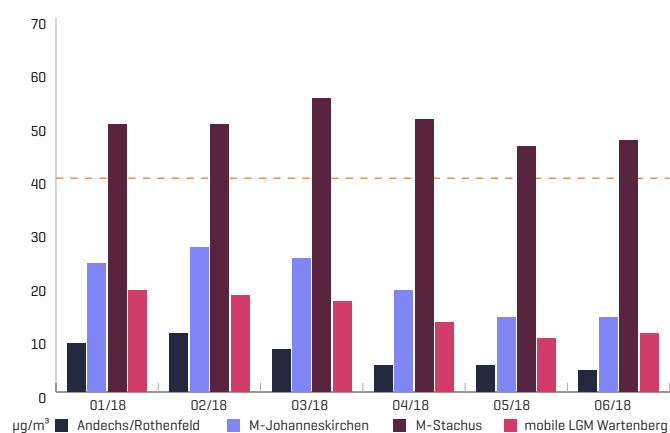
Tabellarische Übersicht über die wichtigsten, mit der mobilen LGM in Schwaig ermittelten Luftschadstoffkonzentrationen

Wartenberg

Messzeitraum vom 9.1.2018 bis 30.6.2018



Mobile Luftgütemessstation am Schulgelände Stroghalle in der Marktgemeinde Wartenberg



Vergleich der NO₂-Monatsmittelwerte LÜB – mobile LGM in Wartenberg
[Monatsmittelwerte, NO₂-Jahresgrenzwert 40 µg/m³ -----].

Wartenberg 1. HJ 2018 | gemessen in µg/m³

NO ₂	PM ₁₀	PM _{2,5}	O ₃	SO ₂	Benzol	Benzo[a]pyren
14	17	13	60	2	0,7	0,00024

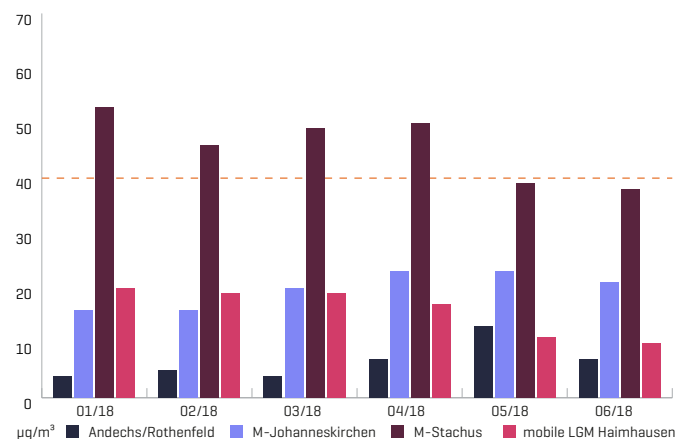
Tabellarische Übersicht über die wichtigsten, mit der mobilen LGM in Wartenberg ermittelten Luftschadstoffkonzentrationen

Haimhausen

Messzeitraum vom 3.7.2018 bis 31.12.2018



Mobile Luftgütemessstation am »östlichen Mischgebiet« in Haimhausen



Vergleich der NO₂-Monatsmittelwerte LÜB – mobile LGM Haimhausen
[Monatsmittelwerte, NO₂-Jahresgrenzwert 40 µg/m³ -----].

Haimhausen 2. HJ 2018 | gemessen in µg/m³

NO ₂	PM ₁₀	PM _{2,5}	O ₃	SO ₂	Benzol	Benzo[a]pyren
20	15	10	42	2	0,6	0,00017

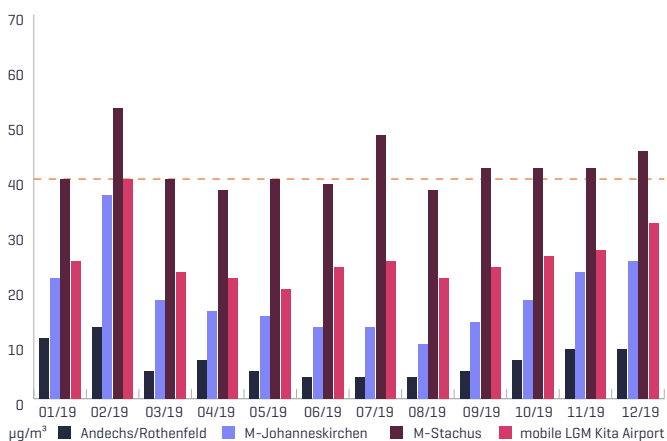
Tabellarische Übersicht über die wichtigsten, mit der mobilen LGM in Haimhausen ermittelten Luftschadstoffkonzentrationen

Kita »Airport Hopper«

Messzeitraum vom 4.1.2019 bis 31.12.2019



Mobile Luftgütemessstation am Besucherpark im Umfeld der Kindertagesstätte »Airport Hopper«



Vergleich der NO₂-Monatsmittelwerte LÜB – mobile LGM an der Kindertagesstätte »Airport Hopper« [Monatsmittelwerte, NO₂-Jahresgrenzwert 40 µg/m³ -----]

Kita »Airport Hopper« 2019 | gemessen in µg/m³

NO ₂	PM ₁₀	PM _{2,5}	O ₃	SO ₂	Benzol	Benzo[a]pyren
26	13	9	41	2	0,5	0,00010

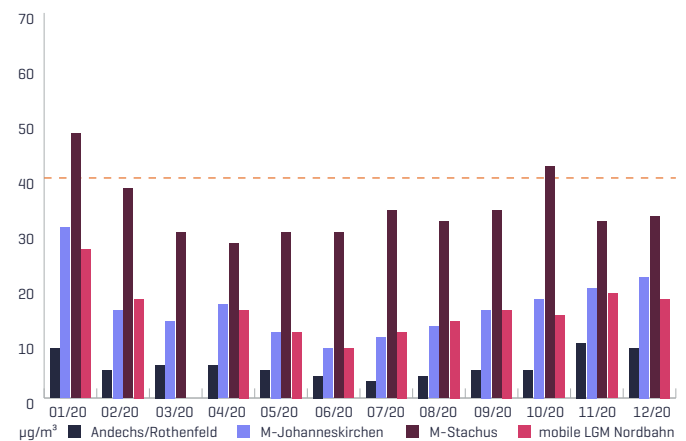
Tabellarische Übersicht über die wichtigsten, mit der mobilen LGM an der Kindertagesstätte »Airport Hopper« ermittelten Luftschadstoffkonzentrationen

Nordbahn

Messzeitraum vom 3.1.2020 bis 26.6.2022



Mobile Luftgütemessstation an der Nordbahn des Flughafens München
Es kam durch Orkanshäden vom 24.2.2020 bis 31.3.2020 und durch Wartungsarbeiten vom 25.6.2021 bis 26.8.2021 zu Messausfällen.



Vergleich der NO₂-Monatsmittelwerte LÜB – mobile LGM an der Nordbahn
[Monatsmittelwerte, NO₂-Jahresgrenzwert 40 µg/m³ -----]

Nordbahn | gemessen in µg/m³

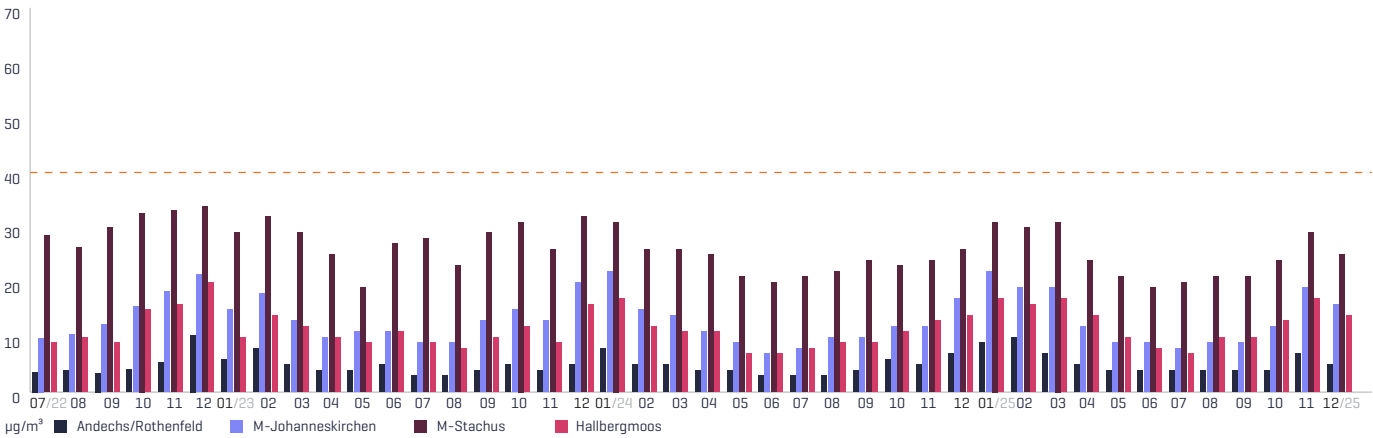
µg/m³	NO ₂	PM ₁₀	PM _{2,5}	O ₃	SO ₂	Benzol	Benzo[a]pyren
2020	16	11	8	44	2	0,5	0,00012
2021	14	11	8	47	2	0,6	0,00014
1. HJ 2022	11	11	9	63	2	0,4	0,00009

Tabellarische Übersicht über die wichtigsten, mit der mobilen LGM an der Nordbahn des Flughafens München ermittelten Luftschadstoffkonzentrationen

Hallbergmoos
01.07.2022-31.12.2025



Mobile Luftgütemessstation des Flughafens München (rechts) und Ultrafeinstaubmessstation der Universität Bayreuth (links) auf dem Volksfestplatz in Hallbergmoos.



Vergleich der NO₂-Monatsmittelwerte LÜB – mobile LGM in Hallbergmoos
[Monatsmittelwerte, NO₂-Jahresgrenzwert 40 µg/m³ -----]

Hallbergmoos | gemessen in µg/m³

µg/m ³	NO ₂	PM ₁₀	PM _{2,5}	O ₃	SO ₂	Benzol	Benzo[a]pyren
2. HJ 2022	13	13	8	40	2	0,5	0,00012
2023	11	11	7	52	2	0,4	0,00007
2024	11	11	6	49	2	0,4	0,00009
2025	13	12	8	46	2	0,5	0,00012

Tabellarische Übersicht über die wichtigsten, mit der mobilen LGM
des Flughafens München in Hallbergmoos ermittelten Luftschadstoffkonzentrationen

Literaturverzeichnis

1. Planetare Grenzschicht. [Online] 1998. [Zitat vom: 28.10.2015] <http://www.spektrum.de/lexikon/physik/planetare-grenzschicht/11314>.
2. ETH. Die atmosphärische Grenzschicht. [Online] [Zitat vom: 27.08.2015] http://www.iac.ethz.ch/staff/sprenger/dynmet_HS09/Kapitel_13.pdf.
3. G. A. Schmidt, R. Ruedy, R. L. Miller, A. A. Lacis. Attribution of the present-day total greenhouse effect. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*. 115, 2010, Bd. D2.
4. D. M. Etheridge, L. P. Steele, R. L. Langenfelds, R. J. Francey, J.-M. Barnola, V. I. Morgan. Natural and anthropogenic changes in atmospheric CO₂ over the last 1000 years from air in Antarctic ice and firn. *Journal of Geophysical Research*. 101, 1996, Bd. D2.
5. Umweltbundesamt. [Online] [Zitat vom: 29.10.2019] <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/atmosphaerische-treibhausgas-konzentrationen#textpart-1>.
6. C. E. Scott, S. R. Arnold, S. A. Monks, A. Asmi, P. Paasonen, D. V. Spracklen. Substantial large-scale feedbacks between natural aerosols and climate. *Nature Geoscience*. 11, 2017.
7. Stephens, G. L. Cloud Feedbacks in the Climate System: A Critical Review. *Journal of Climate*. 18, 2005.
8. Atmosfair. Luftverkehr und Klimawirkung. [Online] [Zitat vom: 21.10.2019] https://www.atmosfair.de/de/fliegen_und_klima/flugverkehr_und_klima/klimawirkung_flugverkehr/.
9. Umweltbundesamt. Klimawirksamkeit des Flugverkehrs - Aktueller wissenschaftlicher Kenntnisstand über die Effekte des Flugverkehrs. 2012.
10. J. E. Penner, D. H. Lister, D. J. Griggs, D. J. Dokken, M. McFarland. Aviation and the Global Atmosphere - IPCC Report. s. l. : Cambridge University Press, 1999.
11. 39. BImSchV. Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes [Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen]. s. l. : BGBl. I S. 1065, 2. August 2010, letzte Änderung 18.07.2018.
12. RL 2008/50/EG. Richtlinie des europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa. 11.06.2008.
13. LfU Bayern. Immissionsmessungen LÜB - Luft-hygienisches Landesüberwachungssystem Bayern. [Online] 14.08.2017. <https://www.lfu.bayern.de/luft/immissionsmessungen/index.htm>.
14. Umweltbundesamt. Health Effects of Ultrafine Particles - Systematic literature search and the potential transferability of the results to the German setting. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt, 2018.
15. D. Rose; S. Jacobi, Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie. 1. Zwischenbericht zur Untersuchung der Luftqualität auf ultrafeine Partikel im Bereich des Flughafens Frankfurt. Frankfurt: s. n., 19.06.2018.
16. D. Rose, S. Jacobi, Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie. 2. Zwischenbericht zur Untersuchung der Luftqualität auf ultrafeine Partikel im Bereich des Flughafens Frankfurt. Frankfurt: s. n., 2019.
17. IPCC 1999: Aviation and the Global Atmosphere. A Special Report of IPCC Working Groups I and III, Cambridge, Cambridge University Press.
18. Umweltbundesamt. Stickstoffdioxid-Belastung. Daten stehen unter einer Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>. [Online] Umweltbundesamt, 21.12.2020. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/stickstoffdioxid-belastung#belastung-durch-stickstoffdioxid>.
19. Feinstaub-Belastung. Daten stehen unter einer Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>. [Online] Umweltbundesamt, 21.12.2020. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/feinstaub-belastung#feinstaubkonzentrationen-in-deutschland>.
20. P. Griem, F. Kalberlah, FoBiG Freiburg und J. Rost, H. Mayer. Ableitung eines tages- und wirkungsbezogenen Luftqualitätsindex. s. l.: Meteorologisches Institut der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, 2000.
21. Biomonitoring. https://www.munich-airport.de/_b/000000000000005952988bb5c656236/biomonitoring_brosch.pdf: Flughafen München, 2019.
22. https://www.stmuv.bayern.de/themen/luftreinhaltung/verunreinigungen/feinstaub/ufp_muc.htm
23. EU. Die atmosphärische Grenzschicht. [Online] [Zitat vom 22.02.2024] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52022PC0542&qid=1668771169224>
24. EU. Air quality: Council and Parliament strike deal to strengthen standards in the EU. [Online] [Zitat vom 20.02.2024] <https://www.consilium.europa.eu/de/press/press-releases/2024/02/20/air-quality-council-and-parliament-strike-deal-to-strengthen-standards-in-the-eu/>
25. <https://www.lfu.bayern.de/luft/immissionsmessungen/messwerte/legende/index.htm>
26. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/luftqualitaet/der-luftqualitaetsindex-lqi#der-luftqualitaetsindex-lqi-des-umweltbundesamtes>

Impressum**Herausgeber**

Flughafen München GmbH
Postfach 23 17 55
85326 München-Flughafen

www.munich-airport.de

Verantwortlich

Dr. Joseph Schwendner, Leiter Konzernbereich Recht,
Gremien, Compliance und Umwelt
Andrea Rexer, Leiterin Cooperate Communication and
Politics

Fachliche Leitung

Hermann Blomeyer, Leiter Konzerneinheit Umwelt

Texte / Beiträge

Team Wasser, Boden, Luft
Dr. Jonathan Liebmann
Martin Maruschke

luft@munich-airport.de

Redaktion

Corporate Media

Gestaltung

steigenbergers.com

Fotos und Grafiken

Flughafen München GmbH

www.munich-airport.de/Luft



Juni 2026, zweite aktualisierte Auflage

