



Lufthygienischer Jahresbericht 2022



Luft



Lufthygienischer Jahresbericht 2022

Impressum

Lufthygienischer Jahresbericht 2022

Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)

Bürgermeister-Ulrich-Straße 160

86179 Augsburg

Tel.: 0821 9071-0

E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de

Internet: www.lfu.bayern.de/

Konzept/Text:

LfU

Stand:

November 2023

Diese Publikation wird kostenlos im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt. Sie darf weder von den Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Publikation nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es gestattet, die Publikation zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die publizistische Verwertung der Veröffentlichung – auch von Teilen – wird jedoch ausdrücklich begrüßt. Bitte nehmen Sie Kontakt mit dem Herausgeber auf, der Sie – wenn möglich – mit digitalen Daten der Inhalte und bei der Beschaffung der Wiedergaberechte unterstützt.

Diese Publikation wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Für die Inhalte fremder Internetangebote sind wir nicht verantwortlich.



BAYERN | DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung. Unter Tel. 089 12 22 20 oder per E-Mail unter direkt@bayern.de erhalten Sie Informationsmaterial und Broschüren, Auskunft zu aktuellen Themen und Internetquellen sowie Hinweise zu Behörden, zuständigen Stellen und Ansprechpartnern bei der Bayerischen Staatsregierung.

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	5
2	Grundlagen zur Messung der Luftqualität in Bayern	5
2.1	Gesetzliche Grundlagen der Immissionsüberwachung	5
2.2	Lufthygienisches Landesüberwachungssystem Bayern (LÜB)	6
2.3	Veröffentlichung der Immissionsdaten	12
2.4	Immissionswerte	13
2.4.1	Grenzwerte, Zielwerte und kritische Werte sowie Informationsschwelle und Alarmschwellen der 39. BImSchV	13
2.4.2	Immissionswerte nach TA Luft, Richtwerte nach VDI 2310 und Leitwerte nach WHO	13
2.5	Allgemeine Informationen zur Messwertbekanntgabe und Ergebnisdarstellung	16
3	Ergebnisse der Immissionsmessungen 2022	17
3.1	Tabellarische Gesamtübersichten	17
3.2	Einzelergebnisse nach Luftschadstoff	20
3.2.1	Stickstoffmonoxid	20
3.2.2	Stickstoffdioxid	21
3.2.3	Feinstaub (PM ₁₀ und PM _{2,5})	24
3.2.4	Ozon	28
3.2.5	Kohlenmonoxid	34
3.2.6	Benzol	34
3.2.7	Blei, Arsen, Cadmium und Nickel im Feinstaub PM ₁₀	35
3.2.8	Benzo[a]pyren im Feinstaub PM ₁₀	35
3.3	Weitere Auswertungen im Internet	35
4	Trendanalysen je Messstation und Entwicklung unterschiedlicher Belastungsniveaus	36
4.1	Trendanalysen je Messstation	36
4.1.1	Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid	36
4.1.2	Feinstaub (PM ₁₀ und PM _{2,5})	37
4.1.3	Ozon	38
4.1.4	Kohlenmonoxid und Schwefeldioxid	38
4.2	Entwicklung unterschiedlicher Belastungsniveaus	39

5	Tabellenverzeichnis	41
6	Abbildungsverzeichnis	42
7	Literaturverzeichnis	43

1 Einführung

Das Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU) betreibt zur Überwachung der Luftqualität das Lufthygienische Landesüberwachungssystem Bayern (LÜB, siehe Abb. 1). Im vorliegenden Lufthygienischen Jahresbericht werden sämtliche plausibilitätsgeprüften Messergebnisse des LÜB im Kalenderjahr 2022 – im Vergleich zum Jahreskurzbericht [1] – mit zusätzlichen Erläuterungen und weiteren Auswertungen umfassend dargestellt. Die zugrundeliegenden Messergebnisse sind im Internet [2] veröffentlicht.

Im Jahresbericht werden die gesetzlichen Grundlagen für den Betrieb des LÜB und die Bewertung der Luftqualität dargestellt. Grundlage ist die Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen – 39. BImSchV) [3]. Neben der gesetzlich vorgeschriebenen Veröffentlichung der Messergebnisse (bezogen in der Regel auf ein Kalenderjahr, einen Tag oder eine Stunde) und der Bewertung anhand vorgegebener Schwellenwerte (z. B. Grenzwerte, Zielwerte) wird die Entwicklung der Luftqualität für ausgewählte Luftschadstoffe mittels zehnjähriger Trendanalysen gezeigt. Dadurch wird die zeitliche Entwicklung der Luftqualität an den einzelnen Messstationen sowie gemittelt über die verschiedenen Belastungsniveaus bzw. Messstationstypen beleuchtet.

Neben den gesetzlich begründeten kontinuierlichen Immissionsmessungen und diskontinuierlichen Passivsammlermessungen der Konzentration von Luftschadstoffen führt das LfU Messungen der Gesamtstaubdeposition durch. Der abgelagerte Staub wird zusätzlich auf den Gehalt an metallischen Inhaltsstoffen untersucht.

2 Grundlagen zur Messung der Luftqualität in Bayern

2.1 Gesetzliche Grundlagen der Immissionsüberwachung

Das Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG) [4] enthält in § 44 „Überwachung der Luftqualität“ das gesetzliche Instrumentarium zur Immissionsüberwachung.

Die Kriterien für die Lage der Probenahmestellen für die Messungen von Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxiden, Feinstaub (PM₁₀ und PM_{2,5}), Blei, Benzol, Kohlenmonoxid und Ozon in der Luft sowie für die Bestimmung der Inhaltsstoffe Arsen, Cadmium, Nickel und Benzo[a]pyren im Feinstaub PM₁₀ sind in der 39. BImSchV [3] festgelegt, mit der die Luftqualitätsrichtlinien 2008/50/EG [5], 2004/107/EG [6] und 2001/81/EG [7] in deutsches Recht umgesetzt wurden. Gemäß dieser Verordnung sollen die Immissionsmessungen unter anderem für ein Gebiet bzw. einen Ballungsraum repräsentativ sein und in Bereichen liegen, in denen die höchsten Konzentrationen auftreten, denen die Bevölkerung über einen Zeitraum ausgesetzt ist, der der Mittelungszeit des betreffenden Immissionsgrenzwerts Rechnung trägt. Außerdem sollen Immissionsmessungen auch an Standorten durchgeführt werden, die für die Exposition der Bevölkerung allgemein repräsentativ sind.

2.2 Lufthygienisches Landesüberwachungssystem Bayern (LÜB)

Das LfU betreibt aufgrund Art. 2 des Bayerischen Immissionsschutzgesetzes [8] das vollautomatische Lufthygienische Landesüberwachungssystem Bayern (LÜB) [9, 10] mit 56 LÜB-Messstationen im Jahr 2022 (Abb. 1). Die Messstationen sind systematisch über das ganze Land verteilt, so dass eine landesweite Überwachung der lufthygienischen Situation gewährleistet ist.

Konzept zur Errichtung von Luftmessstationen

Das Konzept zur Errichtung von Luftmessstationen gibt die 39. BImSchV [3] vor. Grundlagen für Klassifikation (ländlich, vorstädtisch, städtisch und verkehrsnah) und Anzahl der Messstationen sind vorwiegend die Bevölkerungsanzahl sowie die Höhe der Schadstoffbelastung in den festgelegten Gebieten und Ballungsräumen. Für die groß- und kleinräumige Ortsbestimmung der Messstationen sind gemäß Anlage 3 der 39. BImSchV [3] vielfältige Vorgaben zu beachten.

In Bayern sind München, Augsburg und Nürnberg/Fürth/Erlangen als Ballungsräume und die sieben Regierungsbezirke (jeweils ohne Ballungsraum) als Gebiete definiert. Die Überwachung der Luftqualität erfolgt für jede dieser voneinander abgegrenzten Flächen separat. Hierfür sind innerhalb eines jeden Gebiets und Ballungsraums verschiedene Belastungsniveaus zu erfassen. Dies sind Bereiche mit der höchsten Belastung (an verkehrsbelasteten Straßen) als auch Bereiche mit einer durchschnittlichen Belastung der Bevölkerung in Siedlungsbereichen (städtischer und vorstädtischer Hintergrund) sowie – bis auf Ballungsräume – ländliche Bereiche.

Die Daten einer Messstation stehen stellvertretend für Bereiche innerhalb desselben Gebiets bzw. Ballungsraums mit gleicher Klassifikation (ländlich, vorstädtisch, städtisch und verkehrsnah), so dass auch Aussagen über große Flächen möglich sind. Sofern erforderlich, führt das LfU ergänzend Sondermessungen und Berechnungen durch. Insgesamt kann so die Schadstoffbelastung EU-konform und repräsentativ für das gesamte Gebiet des Freistaats Bayern ermittelt werden. Damit entspricht das LÜB den gesetzlichen Anforderungen.

Die Messgerätebestückung orientiert sich an der jeweiligen Standortcharakteristik. Das Spektrum der gemessenen Komponenten umfasst die Schadstoffe Stickstoffmonoxid, Stickstoffdioxid, Feinstaub (PM₁₀ und PM_{2,5}), Ozon und Kohlenmonoxid; des Weiteren Benzol, Toluol und Xylol (BTX) sowie Arsen, Blei, Cadmium, Nickel und Benzo[a]pyren im Feinstaub PM₁₀. Für die zu Grunde liegenden Messverfahren ist das LfU bei der Deutschen Akkreditierungsstelle (DAkkS) akkreditiert [11].

Neben den Luftschadstoffmessungen werden unterstützend und vorwiegend für die Bewertung und Qualitätssicherung der gemessenen Luftschadstoffe meteorologische Einflussgrößen erfasst. Diese sind Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Lufttemperatur, relative Luftfeuchte, Luftdruck und Globalstrahlung.

Informationen zum Standort der LÜB-Messstationen sowie deren Klassifikation im Messkonzept sind in Tab. 1 aufgeführt. Die Tab. 2 enthält Informationen zum Umfang der je Messstation erfassten Luftschadstoffe und meteorologischen Parameter. In Tab. 3 sind die eingesetzten Messverfahren und Messgeräte aufgelistet.

Tab. 1: Übersicht der Luftmessstationen (Sortierung nach Gebiet, Stationstyp und Stationsname)

BA/Gebiet	Messstation	Stationscode	Stationstyp	Höhe ü. NN (m)	Messbeginn	UTM 32 E	UTM 32 N
BA M	München / Landshuter Allee	L14.4	ST VK	521	2004	688.658	5.336.036
BA M	München / Stachus	L8.1	ST VK	520	1978	690.817	5.334.737
BA M	München / Lothstraße	L8.3	ST HG	521	1978	689.990	5.336.632
BA M	München / Allach	L8.13	STV HG	510	2014	683.185	5.339.432
BA M	München / Johanneskirchen	L8.12	STV HG	513	1993	696.862	5.338.941
OB	Ingolstadt / Münchener Straße	L14.9	ST VK	367	2022	678.985	5.401.704
OB	Oberaudorf / Inntal-Autobahn	L14.8	LA-ST VK	469	2008	739.434	5.282.155
OB	Bad Reichenhall / Kirchholzstraße	L1.12	ST HG	463	2018	791.738	5.294.009
OB	Burghausen / Marktler Straße	L1.2	STV HG	420	1976	784.647	5.343.086
OB	Trostberg / Schwimmbadstraße	L1.14	STV HG	488	1992	763.803	5.324.766
OB	Vohburg a.d.Donau / Alter Wöhrer Weg	L1.8	STV HG	355	1978	693.868	5.404.931
OB	Garmisch-Partenkirchen / Wasserwerk	L1.18	LA-ST HG	732	2016	655.001	5.260.232
OB	Andechs / Rothenfeld	L1.16	LA-R HG	700	2003	665.711	5.315.212
OB	Mehring / Sportplatz	L1.15	LA-R HG	415	1977	781.054	5.343.538
NB	Kelheim / Regensburger Straße	L2.1	ST VK	348	1975	710.964	5.421.394
NB	Landshut / Podewilsstraße	L2.3	ST VK	390	1976	733.021	5.381.113
NB	Passau / Angerstraße	L2.13	ST VK	302	2021	829.620	5.390.043
NB	Passau / Stelzhamerstraße	L2.12	ST HG	300	2005	826.151	5.389.506
NB	Regen / Bodenmaier Straße	L2.11	STV HG	545	1989	802.131	5.432.606
NB	Saal a.d.Donau / Regensburger Straße	L2.9	STV HG	340	1978	716.083	5.421.001
NB	Neustadt a.d.Donau / Eining	L2.6	LA-R HG	359	1977	703.762	5.414.859
OP	Regensburg / Rathaus	L3.1	ST VK	337	1975	726.771	5.433.786
OP	Weiden i.d.OPf. / Nikolaistraße	L3.3	ST HG	400	1980	727.908	5.507.728
OP	Schwandorf / Wackersdorfer Straße	L3.4	STV HG	380	1980	727.305	5.467.955
OP	Sulzbach-Rosenberg / Lohe	L3.8	STV HG	393	1999	701.789	5.485.436
OP	Tiefenbach / Altenschneeberg	L3.6	LA-R HG	755	1983	757.262	5.482.256
OF	Bayreuth / Hohenzollernring	L14.2	ST VK	337	2003	684.395	5.535.530
OF	Coburg / Lossaustraße	L4.7	ST VK	291	1987	639.653	5.569.440
OF	Bamberg / Löwenbrücke	L4.3	ST HG	231	1978	635.566	5.529.035
OF	Kulmbach / Konrad-Adenauer-Straße	L4.8	ST HG	303	1988	674.670	5.552.955
OF	Arzberg / Egerstraße	L4.5	STV HG	482	1980	728.225	5.549.972
OF	Hof / LfU	L4.1	STV HG	525	2011	706.254	5.578.294
OF	Naila / Selbitzer Berg	L4.6	LA-ST HG	534	1986	693.725	5.578.114

Abkürzungen:

BA: Ballungsraum, LfU: Landesamt für Umwelt

UTM32: Koordinatensystem ETRS89 / UTM Zone 32, Ostwert (E) und Nordwert (N)

Stationstyp/-klassifizierung:

LA-R: ländlich regional, LA-ST: ländlich stadtnah, ST: städtisch, STV: vorstädtisch, HG: Hintergrund, VK: Verkehr

BA/Gebiet:

BA M: Ballungsraum München

OB: Regierungsbezirk Oberbayern

NB: Regierungsbezirk Niederbayern

OP: Regierungsbezirk Oberpfalz

OF: Regierungsbezirk Oberfranken

Tab. 1 (Forts.): Übersicht der Luftmessstationen (Sortierung nach Gebiet, Stationstyp und Stationsname)

BA/Gebiet	Messstation	Stationscode	Stationstyp	Höhe ü. NN (m)	Messbeginn	UTM 32 E	UTM 32 N
BA N/F/E	Fürth / Theresienstraße	L5.5	ST VK	293	1990	643.785	5.481.844
BA N/F/E	Nürnberg / Bahnhof	L5.1	ST VK	307	1986	651.380	5.479.124
BA N/F/E	Nürnberg / Von-der-Tann-Straße	L14.7	ST VK	308	2006	647.602	5.478.416
BA N/F/E	Nürnberg / Muggenhof	L5.10	ST HG	300	1978	646.725	5.480.860
BA N/F/E	Erlangen / Kraepelinstraße	L5.14	STV HG	284	2004	641.863	5.496.667
MF	Ansbach / Residenzstraße	L5.12	ST VK	400	1989	614.296	5.462.539
MF	Neustadt a.d.Aisch / An der Weißen Marter	L5.17	ST HG	333	2022	617.503	5.493.033
MF	Schwabach / Angerstraße	L5.16	ST HG	344	2012	647.362	5.465.312
MF	Burgbernheim / Grüne Au	L5.15	LA-R HG	362	2012	596.045	5.477.665
UF	Würzburg / Stadtring Süd	L14.5	ST VK	198	2005	568.209	5.515.772
UF	Schweinfurt / Obertor	L6.3	ST HG	231	1976	588.209	5.544.739
UF	Aschaffenburg / Bussardweg	L6.6	STV HG	134	1978	508.456	5.537.695
UF	Kleinwallstadt / Hofstetter Straße	L6.7	STV HG	124	1978	512.327	5.524.126
UF	Würzburg / Kopfklinik	L6.5	STV HG	226	1975	568.821	5.517.355
BA A	Augsburg / Karlstraße	L14.1	ST VK	485	2003	640.436	5.359.192
BA A	Augsburg / Königsplatz	L7.1	ST VK	492	1975	640.359	5.358.559
BA A	Augsburg / Bourges-Platz	L7.6	ST HG	477	1986	639.833	5.359.879
BA A	Augsburg / LfU	L7.8	STV HG	495	2000	641.059	5.354.286
S	Lindau (Bodensee) / Friedrichshafener Str.	L7.4	ST VK	412	1978	551.824	5.267.347
S	Neu-Ulm / Gabelsbergerstraße	L7.5	ST HG	470	1978	574.635	5.360.927
S	Kempten (Allgäu) / Westendstraße	L7.3	STV HG	678	1976	597.979	5.286.578
S	Oettingen / Goethestraße	L7.10	STV HG	417	2012	616.971	5.423.370
S	Bad Hindelang / Oberjoch	L7.9	LA-R HG	1169	2010	605.721	5.263.687

Abkürzungen:

BA: Ballungsraum, LfU: Landesamt für Umwelt

UTM32: Koordinatensystem ETRS89 / UTM Zone 32, Ostwert (E) und Nordwert (N)

Stationstyp/-klassifizierung:

LA-R: ländlich regional, ST: städtisch, STV: vorstädtisch, HG: Hintergrund, VK: Verkehr

BA/Gebiet:

BA N/F/E: Ballungsraum Nürnberg/Fürth/Erlangen

BA A: Ballungsraum Augsburg

MF: Regierungsbezirk Mittelfranken

UF: Regierungsbezirk Unterfranken

S: Regierungsbezirk Schwaben

Tab. 2: Bestückungsliste der Luftmessstationen (Sortierung nach Gebiet, Stationstyp und Stationsname)

BA/Gebiet	Messstation	Stationstyp	Feinstaub (PM ₁₀)	Feinstaub (PM _{2,5})	NOx (NO und NO ₂)	O ₃	CO	BTX	Staubniederschlag	Wind	Lufttemperatur	Luftfeuchte	Strahlung	Luftdruck
BA M	München / Landshuter Allee	ST VK	X	X	X		X	P	B		M	M		
BA M	München / Stachus	ST VK	X	X	X	X	X		B		M	M		
BA M	München / Lothstraße	ST HG	X	X	X	X				üD	M	M		M
BA M	München / Allach	STV HG			X	X								
BA M	München / Johanneskirchen	STV HG	X	X	X	X			B					
OB	Ingolstadt / Münchener Straße	ST VK	X	X	X		X			üD	M	M	M	M
OB	Oberaudorf / Inntal-Autobahn	LA-ST VK	X	X	X									
OB	Bad Reichenhall / Kirchholzstraße	ST HG			X	X				S	M	M		M
OB	Burghausen / Marktler Straße	STV HG	X	X	X	X			B		M	M		
OB	Trostberg / Schwimmbadstraße	STV HG	X	X	X	X								
OB	Vohburg a.d.Donau / Alter Wöhrer Weg	STV HG				X								
OB	Garmisch-Partenkirchen / Wasserwerk	LA-ST HG			X	X								
OB	Andechs / Rothenfeld	LA-R HG	X	X	X	X		P	B	S	M	M	M	M
OB	Mehring / Sportplatz	LA-R HG		X	X	X				S	M	M		
NB	Kelheim / Regensburger Straße	ST VK	X	X	X		X		B	S	M	M	M	M
NB	Landshut / Podewilsstraße	ST VK	X		X				B	üD	M	M		M
NB	Passau / Angerstraße	ST VK	X	X	X		X							
NB	Passau / Stelzhamerstraße	ST HG	X	X	X						M	M	M	
NB	Regen / Bodenmaier Straße	STV HG				X					M	M		M
NB	Saal a.d.Donau / Regensburger Str.	STV HG			X	X			B					
NB	Neustadt a.d.Donau / Eining	LA-R HG		X	X	X				S	M	M	M	M
OP	Regensburg / Rathaus	ST VK	X		X		X		B	üD	M	M	M	M
OP	Weiden i.d.OPf. / Nikolaistraße	ST HG		X	X	X				üD	M	M		M
OP	Schwandorf / Wackersdorfer Straße	STV HG		X	X	X			B	1	M	M		
OP	Sulzbach-Rosenberg / Lohe	STV HG	X			X								
OP	Tiefenbach / Altenschneeberg	LA-R HG	X	X	X	X			B	S	M	M	M	
OF	Bayreuth / Hohenzollernring	ST VK	X		X				B					
OF	Coburg / Lossaustraße	ST VK		X			X							
OF	Bamberg / Löwenbrücke	ST HG	X	X	X					S	M	M		
OF	Kulmbach / Konrad-Adenauer-Straße	ST HG	X		X					S	M	M	M	M
OF	Arzberg / Egerstraße	STV HG		X		X					M	M		
OF	Hof / LfU	STV HG			X	X			B		M	M		
OF	Naila / Selbiter Berg	LA-ST HG				X			B	S	M	M	M	M

Abkürzungen:

BA: Ballungsraum, LfU: Landesamt für Umwelt;

Stationstyp/-klassifizierung:

LA-R: ländlich regional, LA-ST: ländlich stadtnah, ST: städtisch, STV: vorstädtisch, HG: Hintergrund, VK: Verkehr

BA/Gebiet:

BA M: Ballungsraum München, OB: Regierungsbezirk Oberbayern, NB: Regierungsbezirk Niederbayern,

OP: Regierungsbezirk Oberpfalz, OF: Regierungsbezirk Oberfranken

Bestückung Luftschadstoffe:

X: kontinuierliche Messung, P: Messung mit Passivsammlern, B: Depositionsmessung (Bergerhoff-Verfahren [12])

Bestückung Meteorologie: siehe Folgeseite

Tab. 2 (Forts.): Bestückungsliste der Luftmessstationen (Sortierung nach Gebiet, Stationstyp und Stationsname)

BA/Gebiet	Messstation	Stationstyp	Feinstaub (PM ₁₀)	Feinstaub (PM _{2,5})	NOx (NO und NO ₂)	O ₃	CO	BTX	Staubniederschlag	Wind	Lufttemperatur	Luftfeuchte	Strahlung	Luftdruck
BA N/F/E	Fürth / Theresienstraße	ST VK	X											
BA N/F/E	Nürnberg / Bahnhof	ST VK		X	X				B	2	M	M		
BA N/F/E	Nürnberg / Von-der-Tann-Straße	ST VK	X		X		X	P						
BA N/F/E	Nürnberg / Muggenhof	ST HG		X	X	X								
BA N/F/E	Erlangen / Kraepelinstraße	STV HG			X	X								
MF	Ansbach / Residenzstraße	ST VK	X	X	X		X				M	M		
MF	Neustadt a.d.Aisch / A.d.Weißer Marter	ST HG			X	X					M	M		M
MF	Schwabach / Angerstraße	ST HG	X		X	X					M	M	M	M
MF	Burgbernheim / Grüne Au	LA-R HG		X	X	X								
UF	Würzburg / Stadtring Süd	ST VK	X		X		X				M	M		
UF	Schweinfurt / Obertor	ST HG	X		X	X			B	üD	M	M		
UF	Aschaffenburg / Bussardweg	STV HG		X	X	X				3	M	M	M	M
UF	Kleinwallstadt / Hofstetter Straße	STV HG		X	X	X								
UF	Würzburg / Kopfklinik	STV HG	X	X		X			B	üD	M	M	M	M
BA A	Augsburg / Karlstraße	ST VK	X		X		X							
BA A	Augsburg / Königsplatz	ST VK	X		X		X	P*	B		M	M		
BA A	Augsburg / Bourges-Platz	ST HG	X	X	X	X								
BA A	Augsburg / LfU	STV HG	X	X	X	X	X	P	B	üD	M	M	M	M
S	Lindau (Bodensee) / Friedrichshafener Str.	ST VK	X	X	X		X		B	S	M	M		
S	Neu-Ulm / Gabelsbergerstraße	ST HG	X	X	X	X				üD				
S	Kempten (Allgäu) / Westendstraße	STV HG		X	X	X				üD	M	M		
S	Oettingen / Goethestraße	STV HG		X	X	X								
S	Bad Hindelang / Oberjoch	LA-R HG	X		X	X				S	M	M		M

Abkürzungen:

BA: Ballungsraum, LfU: Landesamt für Umwelt;

Stationstyp/-klassifizierung:

LA-R: ländlich regional, ST: städtisch, STV: vorstädtisch, HG: Hintergrund, VK: Verkehr

BA/Gebiet:

BA N/F/E: Ballungsraum Nürnberg/Fürth/Erlangen, BA A: Ballungsraum Augsburg, MF: Regierungsbezirk Mittelfranken, UF: Regierungsbezirk Unterfranken, S: Regierungsbezirk Schwaben

Bestückung Luftschadstoffe:

X: kontinuierliche Messung; P: Messung mit Passivsammlern, *: neben Passivsammlermessung auch kontinuierlich;

B: Depositionsmessung (Bergerhoff-Verfahren [12])

Bestückung Meteorologie:

M: meteorologische Messung außer Wind

üD: Messung von Windgeschwindigkeit und Windrichtung mit Windmast auf Gebäudedach

S: Messung von Windgeschwindigkeit und Windrichtung mit Windmast an Messstation

1: Windmessung erfolgt nahe des früheren Stationsstandorts (UTM32: 725.911 / 5.468.450) auf Gebäudedach

2: Windmessung erfolgt nahe des Standorts der ehemaligen LÜB-Messstation Nürnberg/Ziegelsteinstraße

3: Windmessung erfolgt nahe des Standorts der ehemaligen LÜB-Messstation Aschaffenburg/Schweinheimer Straße (für weitere Informationen zu den Windmessungen siehe [13])

Tab. 3: Eingesetzte Messverfahren und -geräte bei der kontinuierlichen Überwachung der Luftqualität

Messkomponente	Messprinzip	Messbereich	NWG	Hersteller	Typ
Kohlenmonoxid	IR-Absorption DIN EN 14626:2012 [14]	0 ... 58 mg/m ³	0,1 mg/m ³	HORIBA	APMA-360
Stickstoffmonoxid	Chemilumineszenz DIN EN 14211:2012 [15]	0 ... 1200 µg/m ³	0,7 µg/m ³	HORIBA	APNA-370
Stickstoffdioxid	Chemilumineszenz DIN EN 14211:2012 [15]	0 ... 500 µg/m ³	1 µg/m ³	HORIBA	APNA-370
Ozon	UV-Absorption DIN EN 14625:2012 [16]	0 ... 500 µg/m ³	1 µg/m ³	HORIBA	APOA-370
BTX	Thermodesorption mit Kapillar-GC DIN EN 14662-3:2015 [17]	0 ... 100 µg/m ³ ¹⁾	0,1 µg/m ³	Siemens	U 102 BTX
Feinstaub PM ₁₀ /PM _{2,5}	Gravimetrie: Low Volume Sampler DIN EN 14211:2012 [15]	0 ... 200 µg/m ³	1 µg/m ³	Leckel	SEQ47/50
Feinstaub PM ₁₀	β-Absorption DIN EN 16450:2017 [18]	0 ... 1000 µg/m ³	0,02 µg/m ³	ESM-Andersen	FH 62 I-R
Feinstaub PM ₁₀ /PM _{2,5}	β-Absorption kombiniert mit Nephelometer DIN EN 16450:2017 [18]	0 ... 1000 µg/m ³	0,5 µg/m ³	Thermo Scientific	Sharp Modell 5030

Abkürzungen und Erläuterungen:

NWG: Nachweisgrenze

BTX: Benzol, Toluol und o-Xylol

GC: Gaschromatographie

¹⁾ Messbereich bei Toluol bis 300 µg/m³

Die Bestimmung von Blei, Arsen, Cadmium und Nickel als Bestandteil in der PM₁₀-Fraktion erfolgt gemäß DIN EN 14902 [19, 20] mittels Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS) nach Mikrowellendruckaufschluss mit einem oxidierenden Säuregemisch. Benzo[a]pyren im Feinstaub PM₁₀ wird gemäß DIN EN 15549 [21] bestimmt.

2.3 Veröffentlichung der Immissionsdaten

Die bei der kontinuierlichen Überwachung der Luftqualität ermittelten Messdaten werden nach Auswertung gemäß den Vorgaben der 39. BImSchV [3] in lufthygienischen Jahres- und Jahreskurzberichten veröffentlicht. Darüber hinaus sind von sämtlichen LÜB-Messstationen die wesentlichen Daten im Internet [2] zugänglich.

Die aktuellen Messergebnisse [22] werden stündlich aktualisiert. Dabei werden die Mittelungszeiträume der Messergebnisse in Abhängigkeit des jeweiligen Luftschadstoffes gemäß der 39. BImSchV [3] angezeigt. Für Feinstaub PM_{2,5} werden keine tagesaktuellen Messergebnisse veröffentlicht, da die 39. BImSchV [3] nur den Jahresmittelwert als Bewertungsmaßstab vorsieht. Nähere Informationen zur Veröffentlichung der Immissionsdaten gibt das LfU-Informationsblatt zur Messwertbekanntgabe [23].

Die kontinuierlich erfassten Messergebnisse werden zudem dem Umweltbundesamt stündlich bereitgestellt, das eine eigene Plattform zur Veröffentlichung der Messergebnisse aller Bundesländer betreibt [24] und die aktuellen Werte zudem an die Europäische Umweltagentur (EUA bzw. EEA (European Environment Agency)) übermittelt [25].

Zusammenfassend heißt das, dass die aktuellen Messwerte primär vom Bayerischen Landesamt für Umwelt, darüber hinaus auch vom Umweltbundesamt und der Europäischen Umweltagentur veröffentlicht werden. Art und Weise der Veröffentlichung verantwortet jede Institution selbstständig.

2.4 Immissionswerte

2.4.1 Grenzwerte, Zielwerte und kritische Werte sowie Informationsschwelle und Alarmschwellen der 39. BImSchV

Die 39. BImSchV [3] legt Luftqualitätswerte in Form von Grenzwerten für Feinstaub (PM_{10} und $PM_{2,5}$), Stickstoffoxide, Stickstoffdioxid, Kohlenmonoxid, Schwefeldioxid, Blei (als Gesamtgehalt in PM_{10}) und Benzol fest. Ergänzend liegen zum Teil Alarmschwellen vor. Für Ozon sind Zielwerte, langfristige Ziele sowie jeweils eine Informations- und Alarmschwelle vorgegeben. Die Zielwerte sind soweit wie möglich seit 2010 einzuhalten. Darüber hinaus sind Zielwerte für Arsen, Cadmium, Nickel und Benzo[a]pyren als Gesamtgehalt in der PM_{10} -Fraktion angegeben, die seit 01.01.2013 nach Möglichkeit einzuhalten sind.

Die Tab. 4 zeigt eine Übersicht der in der 39. BImSchV [3] enthaltenen Grenz- und Zielwerte, Informationsschwelle sowie Alarmschwellen und den Zeitpunkt, seitdem diese Werte einzuhalten sind. Die hier aufgeführten Werte bilden die Grundlage für die Luftqualitätsbeurteilung in der Europäischen Union.

2.4.2 Immissionswerte nach TA Luft, Richtwerte nach VDI 2310 und Leitwerte nach WHO

Weitere Immissionswerte sowohl für gasförmige Luftschadstoffe als auch für Staubbiederschlag inklusive verschiedener Inhaltsstoffe im Staubbiederschlag enthält die Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft [26], siehe Tab. 5). Diese Werte sind im Rahmen von immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahren von Bedeutung.

Darüber hinaus führt die Richtlinienreihe VDI 2310 [27, 28] maximale Immissions-Konzentrationen (MIK) zum Schutz des Menschen vor verschiedenen Schadstoffkomponenten über verschiedene Einwirkungszeiträume (in der Regel 0,5 bzw. 24 Stunden, siehe Tab. 6) auf.

Weitere Leitwerte finden sich in der im Jahr 2021 aktualisierten globalen Luftgüteleitlinie der Weltgesundheitsorganisation (WHO) [29, siehe Tab. 7].

Tab. 4: Zusammenstellung der Grenzwerte (GW), Informationsschwelle, Alarmschwellen, Zielwerte (ZW) und kritischen Werte (KW) der 39. BImSchV [3]

Komponente	Art des Werts	Mittelungszeitraum	Wert	Einheit	Zul. ÜS pro Jahr	Einzuhalten ab
Schwefeldioxid (SO ₂)	GW z. Sch. d. m. G.	1 Stunde	350	µg/m ³	24	01. Jan 2005
Schwefeldioxid (SO ₂)	GW z. Sch. d. m. G.	24 Stunden	125	µg/m ³	3	01. Jan 2005
Schwefeldioxid (SO ₂)	KW z. Sch. d. V.	Kalenderjahr und Winter ¹⁾	20	µg/m ³	—	18. Sep 2002
Schwefeldioxid (SO ₂)	Alarmschwelle	1 Stunde ²⁾	500	µg/m ³	—	18. Sep 2002
Stickstoffdioxid (NO ₂)	GW z. Sch. d. m. G.	1 Stunde	200	µg/m ³	18	01. Jan 2010
Stickstoffdioxid (NO ₂)	GW z. Sch. d. m. G.	Kalenderjahr	40	µg/m ³	—	01. Jan 2010
Stickstoffdioxid (NO ₂)	Alarmschwelle	1 Stunde ²⁾	400	µg/m ³	—	18. Sep 2002
Stickstoffoxide (NO _x)	KW z. Sch. d. V.	Kalenderjahr	30	µg/m ³	—	18. Sep 2002
Feinstaub PM ₁₀	GW z. Sch. d. m. G.	24 Stunden	50	µg/m ³	35	01. Jan 2005
Feinstaub PM ₁₀	GW z. Sch. d. m. G.	Kalenderjahr	40	µg/m ³	—	01. Jan 2005
Feinstaub PM _{2,5}	GW z. Sch. d. m. G.	Kalenderjahr	25	µg/m ³	—	01. Jan 2015
Benzol (C ₆ H ₆)	GW z. Sch. d. m. G.	Kalenderjahr	5	µg/m ³	—	01. Jan 2010
Kohlenmonoxid (CO)	GW z. Sch. d. m. G.	8 Stunden ³⁾	10	mg/m ³	—	01. Jan 2005
Blei (Pb) ⁷⁾	GW z. Sch. d. m. G.	Kalenderjahr	0,5	µg/m ³	—	01. Jan 2005
Arsen (As) ⁷⁾	ZW z. Sch. d. m. G. u. U.	Kalenderjahr	6	ng/m ³	—	01. Jan 2013
Cadmium (Cd) ⁷⁾	ZW z. Sch. d. m. G. u. U.	Kalenderjahr	5	ng/m ³	—	01. Jan 2013
Nickel (Ni) ⁷⁾	ZW z. Sch. d. m. G. u. U.	Kalenderjahr	20	ng/m ³	—	01. Jan 2013
Benzo[a]pyren (B[a]P) ⁷⁾	ZW z. Sch. d. m. G. u. U.	Kalenderjahr	1	ng/m ³	—	01. Jan 2013
Ozon (O ₃)	ZW z. Sch. d. m. G.	8 Stunden ³⁾	120	µg/m ³	25 ⁴⁾	01. Jan 2010
Ozon (O ₃)	ZW z. Sch. d. V.	AOT40 ⁵⁾⁶⁾	18000	µg/m ³ × h	—	01. Jan 2010
Ozon (O ₃)	Lf. ZW z. Sch. d. m. G.	8 Stunden ³⁾	120	µg/m ³	—	nicht festgelegt
Ozon (O ₃)	Lf. ZW z. Sch. d. V.	AOT40 ⁵⁾	6000	µg/m ³ × h	—	nicht festgelegt
Ozon (O ₃)	Informationsschwelle	1 Stunde	180	µg/m ³	—	21. Jul 2004
Ozon (O ₃)	Alarmschwelle	1 Stunde	240	µg/m ³	—	21. Jul 2004

Abkürzungen und Erläuterungen:

Zul. ÜS: zulässige Überschreitungen (des angegebenen Werts pro Kalenderjahr)

z. Sch. d: zum Schutz der

- m. G.: menschliche(n) Gesundheit
- u. U.: und Umwelt insgesamt
- V.: Vegetation

Lf.: langfristig(er)

¹⁾ Winterzeitraum: 1.10. – 31.3.

²⁾ gemessen an drei aufeinander folgenden Stunden

³⁾ höchster 8-Stundenmittelwert eines Tages

⁴⁾ pro Tag und gemittelt über drei Jahre

⁵⁾ „Accumulation over a Threshold of 40 ppb“ (AOT40) wird gebildet aus der Summe von Ozonstundenmittelwerten über 80 µg/m³ abzüglich 80 µg/m³ zwischen 8 Uhr und 20 Uhr MEZ im Zeitraum von Mai bis Juli

⁶⁾ gemittelt über fünf Jahre

⁷⁾ als Gesamtgehalt im Feinstaub PM₁₀

Tab. 5: Immissionswerte nach TA Luft [26]. Anmerkung: Es sind nur Schadstoffe aufgeführt, die auch im Rahmen der Überwachung der Luftqualität im LÜB-Messnetz gemessen werden.

Komponente	Wert	Mittelungszeitraum	Schutz
Schwefeldioxid	350 µg/m ³ (24 Überschreitungen zulässig ¹⁾)	1 Stunde	Menschliche Gesundheit
Schwefeldioxid	125 µg/m ³ (3 Überschreitungen zulässig ¹⁾)	24 Stunden	Menschliche Gesundheit
Schwefeldioxid	50 µg/m ³	Kalenderjahr	Menschliche Gesundheit
Schwefeldioxid	20 µg/m ³ ²⁾	Kalenderjahr und Winter ³⁾	Ökosystem
Stickstoffdioxid	200 µg/m ³ (18 Überschreitungen zulässig ¹⁾)	1 Stunde	Menschliche Gesundheit
Stickstoffdioxid	40 µg/m ³	Kalenderjahr	Menschliche Gesundheit
Stickstoffoxide	30 µg/m ³ ¹⁾	Kalenderjahr	Vegetation
Benzol	5 µg/m ³	Kalenderjahr	Menschliche Gesundheit
Blei	0,5 µg/m ³	Kalenderjahr	Menschliche Gesundheit
Feinstaub PM ₁₀	50 µg/m ³ (35 Überschreitungen zulässig ¹⁾)	24 Stunden	Menschliche Gesundheit
Feinstaub PM ₁₀	40 µg/m ³	Kalenderjahr	Menschliche Gesundheit
Staubniederschlag	0,35 g/(m ² × d)	Kalenderjahr	⁴⁾
Arsen ⁵⁾	4 µg/(m ² × d)	Kalenderjahr	⁶⁾
Blei ⁵⁾	100 µg/(m ² × d)	Kalenderjahr	⁶⁾
Cadmium ⁵⁾	2 µg/(m ² × d)	Kalenderjahr	⁶⁾
Nickel ^{5,7)}	15 µg/(m ² × d)	Kalenderjahr	⁶⁾
Thallium ⁵⁾	2 µg/(m ² × d)	Kalenderjahr	⁶⁾

¹⁾ im Kalenderjahr

²⁾ für Beurteilungspunkte, die mehr als 20 km von Ballungsräumen oder 5 km von anderen bebauten Gebieten, Industrieanlagen oder Straßen entfernt sind (Nr. 4.6.2.6 Absatz 6 TA Luft [26]), bzw. für Probenahmestellen, die mehr als 20 km von Ballungsräumen bzw. mehr als 5 km von anderen bebauten Flächen, Industrieanlagen oder Autobahnen oder Hauptstraßen mit einem täglichen Verkehrsaufkommen von mehr als 50.000 Fahrzeugen entfernt gelegen sein sollten (Anlage 3 B.2. 39. BImSchV [3]).

³⁾ Winterzeitraum: 01.10. – 31.03.

⁴⁾ Schutz vor erheblichen Belästigungen oder erheblichen Nachteilen durch Staubniederschlag

⁵⁾ und seine anorganischen Verbindungen

⁶⁾ Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Schadstoffdepositionen

⁷⁾ für Nickel ist zusätzlich in der Richtlinie VDI 3956 Blatt 3 [30] ein Richtwert von 10 µg/(m² × d) zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen angegeben.

Tab. 6: Richtwerte nach VDI 2310 [27, 28]

Komponente	Quelle	Wert	Mittelungszeitraum	Schutz
Stickstoffdioxid	VDI 2310 Bl. 12 [27]	100 µg/m ³	0,5 Stunden	Menschliche Gesundheit
Stickstoffdioxid	VDI 2310 Bl. 12 [27]	50 µg/m ³ ¹⁾	24 Stunden	Menschliche Gesundheit
Stickstoffdioxid	VDI 2310 Bl. 12 [27]	20 µg/m ³	Kalenderjahr	Menschliche Gesundheit
Ozon	VDI 2310 Bl. 15 [28]	120 µg/m ³	0,5 Stunden	Menschliche Gesundheit
Ozon	VDI 2310 Bl. 15 [28]	100 µg/m ³	8 Stunden ²⁾	Menschliche Gesundheit

¹⁾ für Wohngebiete

²⁾ höchster 8-Stundenmittelwert eines Tages

Tab. 7: Leitwerte nach WHO [29]

Komponente	Wert	Mittelungszeitraum	Schutz
Schwefeldioxid	500 µg/m ³	10 Minuten	Menschliche Gesundheit
Schwefeldioxid	40 µg/m ³	24 Stunden ¹⁾	Menschliche Gesundheit
Stickstoffdioxid	200 µg/m ³	1 Stunde	Menschliche Gesundheit
Stickstoffdioxid	25 µg/m ³	24 Stunden ¹⁾	Menschliche Gesundheit
Stickstoffdioxid	10 µg/m ³	Kalenderjahr	Menschliche Gesundheit
Kohlenmonoxid	100 mg/m ³	0,25 Stunden	Menschliche Gesundheit
Kohlenmonoxid	35 mg/m ³	1 Stunde	Menschliche Gesundheit
Kohlenmonoxid	10 mg/m ³	8 Stunden ²⁾	Menschliche Gesundheit
Kohlenmonoxid	4 mg/m ³	24 Stunden ¹⁾	Menschliche Gesundheit
Toluol ⁴⁾	0,26 mg/m ³	1 Woche	Menschliche Gesundheit
Feinstaub PM _{2,5}	15 µg/m ³	24 Stunden ¹⁾	Menschliche Gesundheit
Feinstaub PM _{2,5}	5 µg/m ³	Kalenderjahr	Menschliche Gesundheit
Feinstaub PM ₁₀	45 µg/m ³	24 Stunden ¹⁾	Menschliche Gesundheit
Feinstaub PM ₁₀	15 µg/m ³	Kalenderjahr	Menschliche Gesundheit
Ozon	100 µg/m ³	8 Stunden ²⁾	Menschliche Gesundheit
Ozon	60 µg/m ³	Peak season ³⁾	Menschliche Gesundheit

¹⁾ 99. Perzentil (d.h. 3 – 4 Überschreitungen pro Jahr zulässig)

²⁾ höchster 8-Stundenmittelwert eines Tages

³⁾ Mittelwert der täglichen maximalen 8h-Mittelwerte über sechs aufeinanderfolgende Monate mit dem höchsten Mittelwert

⁴⁾ Quelle: WHO [31]

2.5 Allgemeine Informationen zur Messwertbekanntgabe und Ergebnisdarstellung

Die Messwertangabe für die gasförmigen und partikelförmigen Luftverunreinigungen erfolgt intern auf der Basis von Halbstundenmittelwerten. Aus diesen werden zur Ermittlung der Immissionskenngrößen Stundenmittelwerte gebildet. Hierfür ist eine Datenverfügbarkeit von mindestens 75 % (45 min) erforderlich. Es müssen also beide Halbstundenwerte der vollen Stunde vorliegen.

Die Werte der gasförmigen Komponenten beziehen sich entsprechend den Vorgaben der EU-Richtlinien [5, 6] bzw. der 39. BImSchV [3] auf eine Temperatur von 20 °C und einen Druck von 1013 hPa.

Die Angaben für Feinstaub (PM₁₀ und PM_{2,5}) gelten für Umgebungsbedingungen.

3 Ergebnisse der Immissionsmessungen 2022

Im Folgenden werden die Ergebnisse der kontinuierlichen Immissionsmessungen des Jahres 2022 für die Komponenten Stickstoffmonoxid, Stickstoffdioxid, Feinstaub (PM₁₀ und PM_{2,5}), Ozon, Kohlenmonoxid und Benzol sowie für den Gesamtgehalt an Blei, Arsen, Cadmium, Nickel und Benzo[a]pyren in der PM₁₀-Fraktion dargestellt. Für Schwefeldioxid besteht aufgrund des anhaltend sehr geringen Belastungsniveaus nach der 39. BImSchV [3] keine Messverpflichtung mehr. Deshalb wurden die Messungen für Schwefeldioxid an den LÜB-Messstationen ab dem Jahr 2018 eingestellt. Wenn die Emissionen seitdem nicht mehr ansteigen, ist davon auszugehen, dass auf der Immissionsseite keine Zunahme erfolgt. Die nach den Kriterien der 39. BImSchV [3] ausgewerteten Messergebnisse sind in tabellarischer Form zusammengestellt. Bei Überschreitungen des jeweils gültigen Grenzwerts sind in Bayern von den zuständigen Bezirksregierungen – bei kreisfreien Gemeinden mit mehr als 100.000 Einwohnern seit 01.06.2021 von der Gemeinde selbst [7] – Luftreinhaltepläne zu erstellen. Auf Grund der Belastungssituation in den vergangenen Jahren wurden Luftreinhaltepläne für die Ballungsräume Augsburg, München, Nürnberg/Fürth/Erlangen sowie für die Städte Ansbach, Arzberg, Bayreuth, Burghausen, Ingolstadt, Landshut, Lindau, Neu-Ulm, Passau, Regensburg, Schwandorf, Weiden und Würzburg sowie für die Inntal-Autobahn – Bereich Oberaudorf – aufgestellt und wenn notwendig fortgeschrieben.

3.1 Tabellarische Gesamtübersichten

Auf den beiden Folgeseiten wird in einer umfangreichen tabellarischen Gesamtschau (siehe Tab. 9) über die Ergebnisse der Auswertungen für Stickstoffdioxid, Feinstaub (PM₁₀ und PM_{2,5}), Benzol, Kohlenmonoxid und Ozon informiert. Die Bewertung erfolgt nach den Vorgaben der 39. BImSchV [3] (vergleiche Kurzübersicht in Tab. 8).

In Tab. 10 sind die Jahresmittelwerte für die Stoffe Blei (Pb), Arsen (As), Cadmium (Cd), Nickel (Ni) und Benzo[a]pyren (B[a]P) als Gesamtgehalt in der PM₁₀-Fraktion zusammengestellt.

Tab. 8: Kurzübersicht der Beurteilungskenngrößen mit Bezugszeiträumen, Einheiten und Paragraphen der 39. BImSchV [3] für Stickstoffdioxid (NO₂), Feinstaub (PM₁₀ und PM_{2,5}), Benzol (C₆H₆), Kohlenmonoxid (CO) und Ozon (O₃) zur Bewertung der Ergebnisse in Tab. 9

Kategorie	NO ₂	NO ₂	PM ₁₀	PM ₁₀	PM _{2,5}	C ₆ H ₆	CO	O ₃	O ₃	O ₃	O ₃
Einheit	µg/m ³	mg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	[µg/m ³] × h					
Schwellenwert	40	200	40	50	25	5	10	120 ¹⁾	180 ²⁾	240 ³⁾	18.000 ⁴⁾
Bezugszeitraum	Jahr	1 h	Jahr	24 h	Jahr	Jahr	8 h _{max}	8 h _{max}	1 h	1 h	AOT40
Zul. ÜS pro Jahr	–	18	–	35	–	–	–	25	–	–	–
39. BImSchV [3]	§ 3	§ 3	§ 4	§ 4	§ 5	§ 7	§ 8	§ 9	§ 9	§ 9	§ 9

Erläuterungen:

Zul. ÜS: zulässige Überschreitungen des jeweiligen Schwellenwerts

Bei den Schwellenwerten handelt es sich für alle Stoffe bis auf Ozon um Grenzwerte.

Für Ozon sind Zielwerte (bei 8 h > 120 µg/m³ und AOT40), eine Informationsschwelle (bei 1 h > 180 µg/m³) und eine Alarmschwelle (bei 1 h > 240 µg/m³) festgelegt.

^{1) 2) 3) 4)} siehe Erläuterungen unterhalb Tab. 9 (Forts.)

Für eine ausführliche Zusammenstellung der Vorgaben der 39. BImSchV [3] siehe Tab. 4.

Tab. 9: Immissionskenngrößen für das Jahr 2022 sortiert nach BA/Gebiet und Stationstyp – bei Jahresmittelwerten (JMW) Einheit in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, bei AOT40 Einheit in $(\mu\text{g}/\text{m}^3) \times \text{h}$, bei Überschreitungshäufigkeiten (ÜS) Anzahl und bei CO Einheit in mg/m^3

BA/Gebiet	Messtation	Stationstyp	NO ₂ JMW	NO ₂ ÜS	PM ₁₀ JMW	PM ₁₀ ÜS	PM _{2,5} JMW	C ₆ H ₆ JMW ¹⁾	CO 8hmax	O ₃ ÜS 120 ²⁾	O ₃ ÜS 180 ³⁾	O ₃ ÜS 240 ⁴⁾	O ₃ AOT40 ⁵⁾
BA M	München / Landshuter Allee	ST VK	49	0	21	3	11	0,9	1,3				
BA M	München / Stachus	ST VK	31	0	17	0	10		0,7				
BA M	München / Lothstraße	ST HG	20	0	14	0	9			20	0	0	
BA M	München / Allach	STV HG	17	0						21	0	0	19096
BA M	München / Johanneskirchen	STV HG	14	0	14	1	9			17	0	0	17530
OB	Ingolstadt / Münchener Straße	ST VK	23	0	18	1	12		1,5				
OB	Oberaudorf / Inntal-Autobahn	LA-ST VK	21	0	15	0	10						
OB	Bad Reichenhall / Kirchholzstraße	ST HG	10	0						5	0	0	
OB	Burghausen / Marktler Straße	STV HG	17	0	14	0	10			9	0	0	14683
OB	Trostberg / Schwimmbadstraße	STV HG	13	0	13	0	10			12	0	0	17216
OB	Vohburg a.d.Donau / A.W.W.	STV HG								15	0	0	17335
OB	Garmisch-Partenk. / Wasserwerk	LA-ST HG	9	0						6	0	0	11692
OB	Andechs / Rothenfeld	LA-R HG	5	0	11	0	7	0,3		15	0	0	18233
OB	Mehring / Sportplatz	LA-R HG	11	0			9			13	0	0	19288
NB	Kelheim / Regensburger Straße	ST VK	14	0	16	1	10		1,1				
NB	Landshut / Podewilsstraße	ST VK	19	0	13	0							
NB	Passau / Angerstraße	ST VK	29	0	18	1	11		1,0				
NB	Passau / Stelzhamerstraße	ST HG	22	0	16	0	11						
NB	Regen / Bodenmaier Straße	STV HG								6	0	0	14375
NB	Saal a.d.Donau / Regensburger Str.	STV HG	13	0						8	0	0	13656
NB	Neustadt a.d.Donau / Eining	LA-R HG	8	0			9			18	0	0	19188
OP	Regensburg / Rathaus	ST VK	26	0	16	0			1,0				
OP	Weiden i.d.OPf. / Nikolaistraße	ST HG	20	0			11			6	0	0	
OP	Schwandorf / Wackersdorfer Str.	STV HG	14	0			10			10	0	0	14317
OP	Sulzbach-Rosenberg / Lohe	STV HG			14	0				9	0	0	16762
OP	Tiefenbach / Altenschneeberg	LA-R HG	5	0	10	0	6			15	0	0	15819
OF	Bayreuth / Hohenzollernring	ST VK	21	0	15	0							
OF	Coburg / Lossaustraße	ST VK					10		1,0				
OF	Bamberg / Löwenbrücke	ST HG	18	0	15	0	10						
OF	Kulmbach / Konrad-Adenauer-Str.	ST HG	16	0	14	0							
OF	Arzberg / Egerstraße	STV HG					10			7	0	0	13927
OF	Hof / LfU	STV HG	13	0						10	0	0	15201
OF	Naila / Selbitzer Berg	LA-ST HG								10	0	0	14489

Abkürzungen (Erläuterungen siehe Folgeseite):

BA – Ballungsraum; LfU – Landesamt für Umwelt; A.W.W – Alter Wöhrer Weg; Fr.h. – Friedrichshafener; A.d. – An der

BA/Gebiet:

BA M – München; BA N/F/E – Nürnberg/Fürth/Erlangen; BA A – Augsburg; OB – Oberbayern; NB – Niederbayern; OP – Oberpfalz; OF – Oberfranken; MF – Mittelfranken; U – Unterfranken; S – Schwaben

Stationstyp/-klassifizierung:

LA-R – ländlich regional; LA-ST – ländlich stadtnah; ST – städtisch; STV – vorstädtisch; HG – Hintergrund; VK – Verkehr

Tab. 9 (Forts.): Immissionskenngrößen für das Jahr 2022 sortiert nach BA/Gebiet und Stationstyp – bei Jahresmittelwerten (JMW) Einheit $\mu\text{g}/\text{m}^3$, bei AOT40 Einheit $(\mu\text{g}/\text{m}^3) \times \text{h}$, bei Überschreitungshäufigkeiten (ÜS) Anzahl und bei CO Einheit mg/m^3 .

BA/Gebiet	Messstation	Stationstyp	NO ₂ JMW	NO ₂ ÜS	PM ₁₀ JMW	PM ₁₀ ÜS	PM _{2,5} JMW	C ₆ H ₆ JMW ¹⁾	CO 8hmax	O ₃ ÜS 120 ²⁾	O ₃ ÜS 180 ³⁾	O ₃ ÜS 240 ⁴⁾	O ₃ AOT40 ⁵⁾
BA N/F/E	Fürth / Theresienstraße	ST VK			16	0							
BA N/F/E	Nürnberg / Bahnhof	ST VK	24	0			11						
BA N/F/E	Nürnberg / Von-der-Tann-Straße	ST VK	33	0	20	3		0,7	1,3				
BA N/F/E	Nürnberg / Muggenhof	ST HG	21	0			12			10	0	0	
BA N/F/E	Erlangen / Kraepelinstraße	STV HG	12	0						16	0	0	18183
MF	Ansbach / Residenzstraße	ST VK	22	0	16	0	11		1,0				
MF	Neustadt a.d.Aisch / A.d. Weißen Marter	ST HG	10	0						20	0	0	
MF	Schwabach / Angerstraße	ST HG	17	0	15	0				10	0	0	
MF	Burgbernheim / Grüne Au	LA-R HG	9	0			9			17	0	0	19250
UF	Würzburg / Stadtring Süd	ST VK	24	0	18	3			1,0				
UF	Schweinfurt / Obertor	ST HG	17	0	12	0				8	0	0	
UF	Aschaffenburg / Bussardweg	STV HG	20	0			9			20	1	0	15229
UF	Kleinwallstadt / Hofstetter Straße	STV HG	12	0			10			18	1	0	16650
UF	Würzburg / Kopfklinik	STV HG			14	0	10			14	1	0	15141
BA A	Augsburg / Karlstraße	ST VK	30	0	19	3			1,3				
BA A	Augsburg / Königsplatz	ST VK	21	0	16	0		0,6	1,0				
BA A	Augsburg / Bourges-Platz	ST HG	20	0	14	0	10			14	0	0	
BA A	Augsburg / LfU	STV HG	13	0	12	0	9	0,5	1,0	19	0	0	19158
S	Lindau (Bodensee) / Fr.h. Str.	ST VK	16	0	15	1	10		0,9				
S	Neu-Ulm / Gabelsbergerstraße	ST HG	21	0	15	1	10			16	0	0	
S	Kempton (Allgäu) / Westendstraße	STV HG	15	0			9			15	0	0	16786
S	Oettingen / Goethestraße	STV HG	12	0			10			16	0	0	17697
S	Bad Hindelang / Oberjoch	LA-R HG	6	0	7	2				9	0	0	13234

Erläuterungen:

- ¹⁾ C₆H₆ (Benzol) diskontinuierlich beprobt mit Passivsammler [32]
²⁾ Zielwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit, Mittelwert aus den Jahren 2020 – 2022 (Mittelung über drei Jahre, Mindestdatenverfügbarkeit ein Jahr)
³⁾ Informationsschwelle (angegeben ist die Anzahl an Tagen mit Überschreitungen)
⁴⁾ Alarmschwelle
⁵⁾ Zielwert für den Schutz der Vegetation, Mittelwert aus den Jahren 2018 – 2022 (Mittelung über fünf Jahre, Mindestdatenverfügbarkeit drei Jahre)

Bedeutung der Einfärbung von Ergebniszellen:

- Grün:** Grenzwert eingehalten, bei Ozon: Zielwert, Informations-/Alarmschwelle eingehalten
Gelb-orange: Zielwert, Informations- oder Alarmschwelle überschritten (nur bei Ozon)
Orange-rot: Grenzwert überschritten

Tab. 10: Immissionskenngrößen für das Jahr 2022 sortiert nach BA/Gebiet und Stationstyp – Jahresmittelwerte der Analyseergebnisse für die Inhaltsstoffe Blei (Pb), Arsen (As), Cadmium (Cd), Nickel (Ni) und Benzo[a]pyren (B[a]P) in der PM₁₀-Fraktion. In der Klammer nach dem Stoffkürzel ist für Blei der Grenzwert (Einheit µg/m³), ansonsten der Zielwert (Einheit ng/m³) angegeben.

BA/Gebiet	Messstation	Stationstyp	Pb (0,5)	As (6)	Cd (5)	Ni (20)	B[a]P (1)
BA M	München / Landshuter Allee	ST VK	0,0022	0,45	0,08	2	0,16
BA M	München / Johanneskirchen	STV HG					0,14
OB	Andechs / Rothenfeld	LA-R HG	0,0015	0,23	0,05	< 1	0,07
NB	Landshut / Podewilsstraße	ST VK					0,255
OP	Regensburg / Rathaus	ST VK					0,224
BA N/F/E	Nürnberg / Von-der-Tann-Str.	ST VK	0,0034	0,46	0,12	1	0,225
UF	Würzburg / Stadtring Süd	ST VK	0,0026	0,40	0,09	1	0,231
BA A	Augsburg / Königsplatz	ST VK	0,0024	0,42	0,08	2	0,16
BA A	Augsburg / LfU	STV HG	0,0022	0,34	0,08	< 1	0,17
S	Kempten (Allgäu) / Westendstr.	STV HG					0,224

Abkürzungen und Erläuterung (weitere siehe Tab. 9 unten):

„<“: Wert liegt unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze

Aufgrund des langjährig geringen Belastungsniveaus sind nach 39. BImSchV [3] zur Beurteilung der Luftqualität für Blei, Arsen, Cadmium, Nickel und Benzo[a]pyren orientierende anstatt ortsfester Messungen ausreichend. Wesentlicher Unterschied ist die erforderliche zeitliche Abdeckung der Messungen im Kalenderjahr. Die Häufigkeit der Bestimmung der aufgeführten Inhaltsstoffe im Feinstaub PM₁₀ wurde daher ab Juli 2022 reduziert. Für die Inhaltsstoffe Arsen, Cadmium, Nickel und Benzo[a]pyren werden im Jahr 2022 trotzdem noch die Vorgaben für eine ortsfeste Messung erreicht. Für Blei im Feinstaub PM₁₀ gilt die Messung bereits für das Beurteilungsjahr 2022 als orientierend.

3.2 Einzelergebnisse nach Luftschadstoff

Nachfolgend werden die Ergebnisse für jeden Luftschadstoff kurz zusammengefasst. Um einen besseren Überblick über die unterschiedlichen Belastungssituationen der LÜB-Messstationen zu erhalten, werden die Messergebnisse grafisch durch Balkendiagramme veranschaulicht (Abb. 2 bis Abb. 10). Weitergehende Jahreskenngrößen, wie der höchste Tagesmittelwert bei Feinstaub PM₁₀ oder der höchste Stundenmittelwert bei Stickstoffdioxid, die nicht in Tab. 9 aufgeführt sind, sind im Lufthygienischen Jahreskurzbericht 2022 [1] enthalten.

3.2.1 Stickstoffmonoxid

Für Stickstoffmonoxid ist kein Grenzwert festgelegt. Die Jahresmittelwerte bewegen sich in einem großen Bereich von 1 µg/m³ abseits des direkten Verkehrseinflusses im ländlichen Hintergrund bis 49 µg/m³ an der stark verkehrsbelasteten Messstation München/Landshuter Allee.

An den Messstationen der Kategorie verkehrsnah (vergleiche Tab. 1) wurden aufgrund der erforderlichen Positionierung von höchstens 10 m Abstand zum Fahrbahnrand hauptverkehrsbelasteter Straßen die höchsten Konzentrationen von Stickstoffmonoxid gemessen (siehe Abb. 2). Neben den sehr hohen Verkehrszahlen führt ein straßenschluchtartiger Charakter, unterstützt durch die ungünstige Ausrichtung quer zu den Hauptwindrichtungen, überwiegend zu einer schlechten Durchmischung mit Frischluft und daher zu den höchsten Konzentrationen im LÜB-Messnetz.

Neben Messstationen im ländlichen Hintergrund mit Konzentrationen nahe Null wurden auch in den weniger verkehrlich belasteten Bereichen der Ballungsräume relativ geringe Konzentrationen gemessen, wie z. B. an den Jahresmittelwerten der LÜB-Messstationen München/Johanneskirchen, Erlangen/Kraepelinstraße oder Augsburg/LfU mit jeweils 3 µg/m³ abzulesen ist.

Im Vergleich zum Vorjahr ist an 22 von 46 zum Vergleich heranzuziehenden Messstationen der Jahresmittelwert rückläufig (Abnahmen bis zu $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$), an 23 Messstationen unverändert und an einer Messstation (Bad Hindelang/Oberjoch) zunehmend ($1 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

3.2.2 Stickstoffdioxid

Für Stickstoffdioxid liegen zum Schutz der menschlichen Gesundheit zwei Grenzwerte bzw. eine Alarmschwelle mit unterschiedlichem Zeitbezug vor. Der Immissionsgrenzwert für das Jahresmittel beträgt $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Der Immissionsgrenzwert für das Stundenmittel beträgt $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, wobei 18 Überschreitungen im Kalenderjahr zulässig sind. Weiterhin gilt eine Alarmschwelle von $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf den Stundenmittelwert an mindestens drei aufeinanderfolgenden Stunden, wobei die Probennahmestelle zudem für einen Bereich von mindestens 100 km^2 oder für das gesamte Gebiet bzw. den Ballungsraum repräsentativ sein muss.

An 47 von 48 mit NO_2 -Messgeräten bestückten und beurteilungsrelevanten LÜB-Messstationen wird der Jahresmittelgrenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ unterschritten. An der verkehrlich höchstbelasteten LÜB-Messstation München/Landshuter Allee wird der Jahresmittelgrenzwert mit einem Wert von $49 \mu\text{g}/\text{m}^3$ weiterhin überschritten (Vorjahr: $51 \mu\text{g}/\text{m}^3$). An der weiteren verkehrsorientierten LÜB-Messstation in München am Stachus liegt der Jahresmittelwert bei $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Vorjahr: $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Der zweithöchste Jahresmittelwert wurde mit $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in Nürnberg gemessen (Messstation in der Von-der-Tann-Straße). Die geringste Konzentration im Jahresmittel trat mit jeweils $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an den ländlichen LÜB-Messstationen Tiefenbach/Altenschneeberg und Andechs/Rothenfeld auf. Der NO_2 -Stundenmittelgrenzwert von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wird wie im Vorjahr an allen LÜB-Messstationen zu jeder Stunde unterschritten. Gesetzlich zulässig sind bis zu 18 Stundenmittelwerte mit mehr als $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Kalenderjahr.

An der Hälfte der Messstationen im Mittelfeld des Belastungsbereichs (ohne jeweils 25 % der Messstationen mit den höchsten und niedrigsten Konzentrationen) bewegt sich der Jahresmittelwert zwischen $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Gemittelt über jeweils alle Messstationen in den Stationskategorien Verkehr (ST VK / LA-ST VK), städtischer (ST HG), vorstädtischer (STV HG) und ländlicher regionaler Hintergrund (LA-R HG) liegen weiterhin Abnahmen zum Vorjahr vor (vgl. Abb. 11). Der starke Rückgang vergangener Jahre im höchsten Belastungsniveau schwächt sich ab.

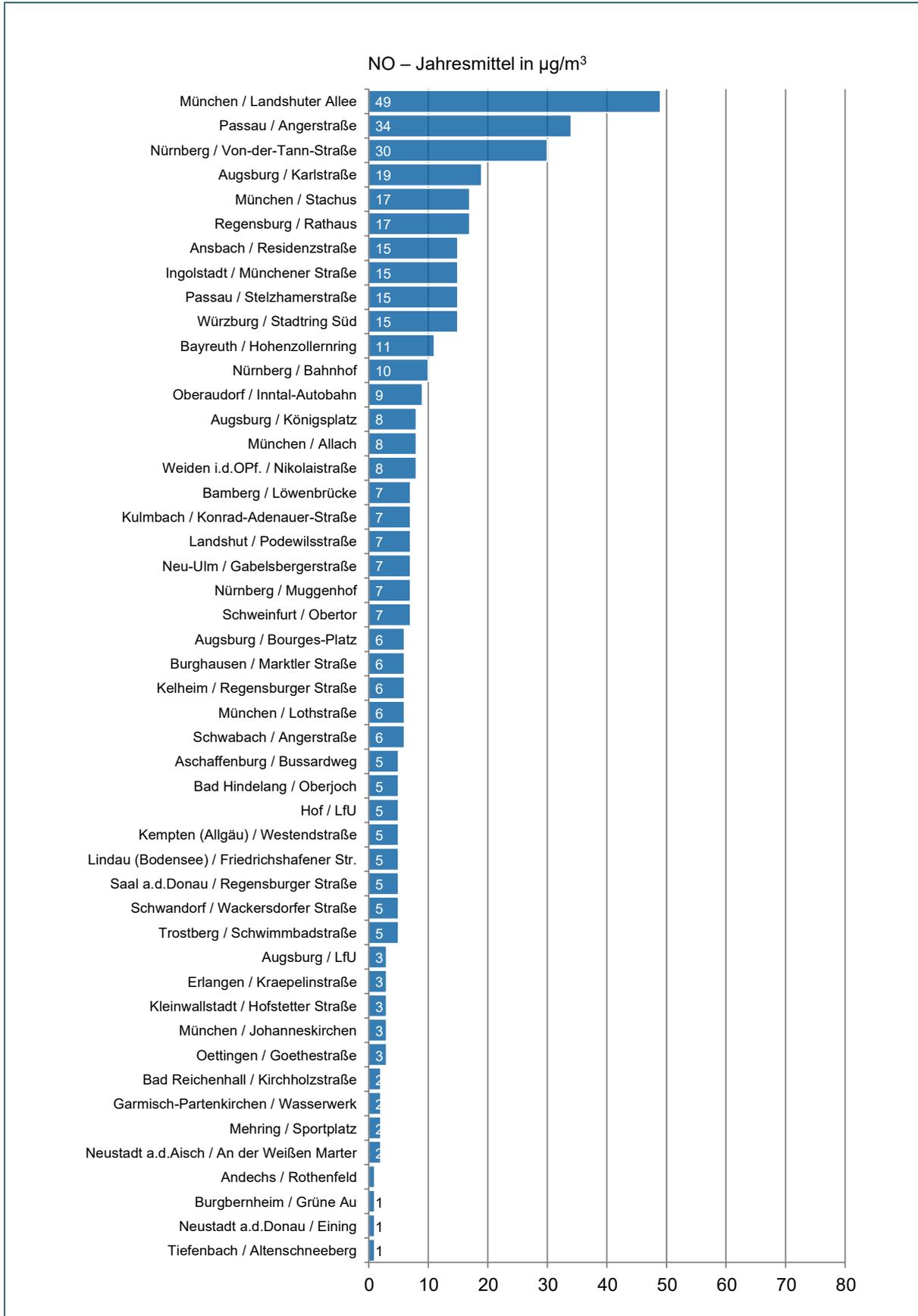


Abb. 2: Stickstoffmonoxid (NO) – Jahresmittelwerte (absteigend sortiert)

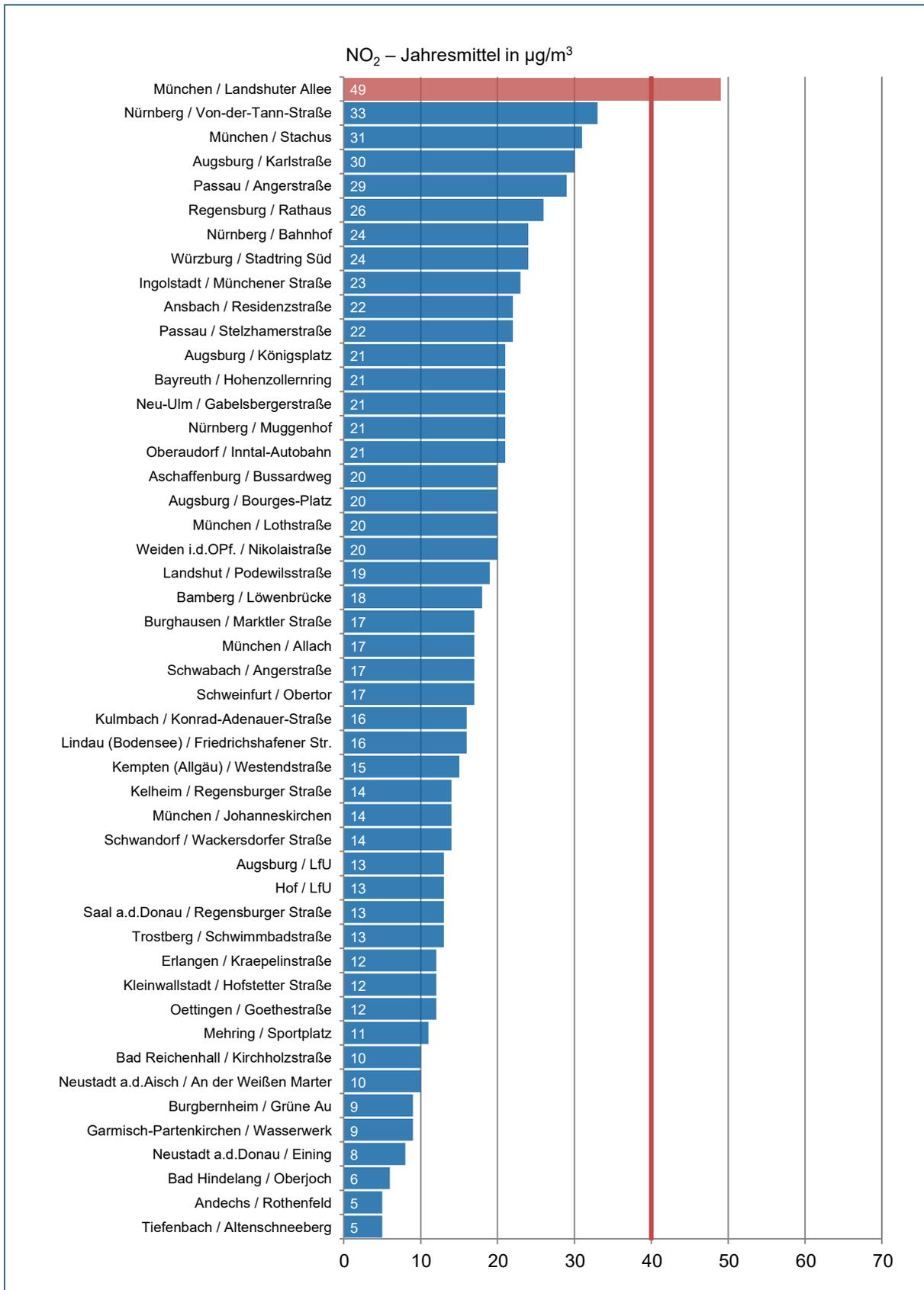


Abb. 3: Stickstoffdioxid (NO₂) – Jahresmittelwerte (absteigend sortiert); die rote Linie markiert den Grenzwert der 39. BImSchV [3] von 40 µg/m³

3.2.3 Feinstaub (PM₁₀ und PM_{2,5})

Für Feinstaub PM₁₀ beträgt der auf das Jahresmittel bezogene Grenzwert 40 µg/m³. Der höchste Jahresmittelwert tritt mit 21 µg/m³ an der verkehrsbelasteten LÜB-Messstation München/Landshuter Allee auf – gefolgt von den LÜB-Messstationen Nürnberg/Von-der-Tann-Straße mit 20 µg/m³ und Augsburg/Karlstraße mit 19 µg/m³ (siehe Abb. 4). Damit wird selbst an den höchstbelastetsten LÜB-Messstationen der Jahresmittelgrenzwert deutlich unterschritten. Die Jahresmittelwerte an den restlichen Verkehrsmessstationen reichen von 14 µg/m³ bis 18 µg/m³. Im städtischen Hintergrund liegt die Belastung im Jahresmittel bei 12 µg/m³ bis 16 µg/m³, im vorstädtischen Hintergrund bei 12 µg/m³ bis 14 µg/m³. An den (drei) ländlich geprägten Messstationen wurden 7 µg/m³ bis 11 µg/m³ gemessen.

Neben dem Jahresmittelgrenzwert ist für Feinstaub PM₁₀ ein Tagesmittelgrenzwert von 50 µg/m³ festgelegt, der an bis zu 35 Tagen im Kalenderjahr überschritten werden darf. Die zulässige Überschreitungshäufigkeit wird im Jahr 2022 an allen Messstationen wie in den vorangegangenen Jahren deutlich unterschritten (siehe Abb. 5). Die höchste gemessene Überschreitungshäufigkeit des Tagesmittelgrenzwerts von 50 µg/m³ beträgt 3 Tage im Kalenderjahr. Aufgrund des geringen Belastungsniveaus wurde die Analyse auf Streusalz (siehe § 25 der 39. BImSchV [3]) seit dem Auswertejahr 2020 eingestellt.

Neben Feinstaub PM₁₀ sind auch Messungen der PM_{2,5}-Fraktion durchzuführen. Der Jahresmittelwert der PM_{2,5}-Belastung beträgt im Jahr 2022 maximal 12 µg/m³ (siehe Abb. 6). Der Grenzwert von 25 µg/m³ im Jahresmittel wird damit auch an höchstbelasteten Orten deutlich unterschritten. Im städtischen und vorstädtischen Hintergrund liegen die Belastungen bei 9 µg/m³ bis 12 µg/m³. Im ländlichen Hintergrund wurden 6 µg/m³ bis 9 µg/m³ gemessen. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Stationskategorien sind vergleichsweise gering.

An drei Messstationen im städtischen Hintergrund wird die PM_{2,5}-Konzentration im Zusammenhang mit der Ermittlung des Indikators für die durchschnittliche PM_{2,5}-Exposition (AEI – Average Exposure Indicator) gemäß der EU-Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG [5] gemessen. Der AEI-Wert bezieht sich auf ganz Deutschland und wird vom Umweltbundesamt ausgewertet.

Der PM₁₀-Immissionsgrenzwert für das Kalenderjahr (40 µg/m³) wird in Bayern bereits seit 2007 nicht mehr überschritten. Die zulässige Anzahl von 35 Tagen mit Überschreitung des PM₁₀-Immissionsgrenzwerts für das Tagesmittel (50 µg/m³) wird bayernweit seit 2012 eingehalten.

Die meisten der im Jahresverlauf auftretenden Überschreitungen des Tagesmittelwerts bei Feinstaub PM₁₀ konzentrieren sich auf das Winterhalbjahr. Ausgeprägte Inversionswetterlagen können tagelang bzw. im Extremfall über mehrere Wochen dafür sorgen, dass die bodennahe, oft nur wenige 100 m hochreichende Luftschicht keinen Austausch mit höheren Frischluftschichten erfährt. Die Folge ist eine anhaltende Anreicherung des innerhalb dieser Schicht freigesetzten Feinstaubes, die zu einem flächendeckenden Anstieg der Feinstaubkonzentration führt. Erst ein markanter Witterungswechsel, der auch die bodennahe Luftschicht erneuert, kann derartige, sogenannte Feinstaubepisoden beenden.

Eine weitere Ursache für erhöhte Feinstaubwerte kann Saharastaub sein. Er wird bei besonderen Wetterlagen in höheren Luftschichten von der Sahara über die Alpen bis nach Mitteleuropa transportiert. Im südbayerischen Raum ist Saharastaub vor allem im Frühjahr und Sommer vermehrt in der Atmosphäre enthalten [33]. Im März 2022 trat ein außergewöhnlich starkes Saharastaubeignis auf [34], welches auch an der höhergelegenen LÜB-Messstationen Bad Hindelang/Oberjoch beobachtet werden konnte. Am 15. März wurden dort für Feinstaub PM₁₀ 322 µg/m³ als höchster Stundenmittelwert gemessen. Der Tagesmittelwert an diesem Tag beträgt 59 µg/m³. Der höchste Tagesmittelwert

wurde zwei Tage später bei erneut deutlichem Anstieg der Feinstaubkonzentration durch Saharastaub mit $82 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen.

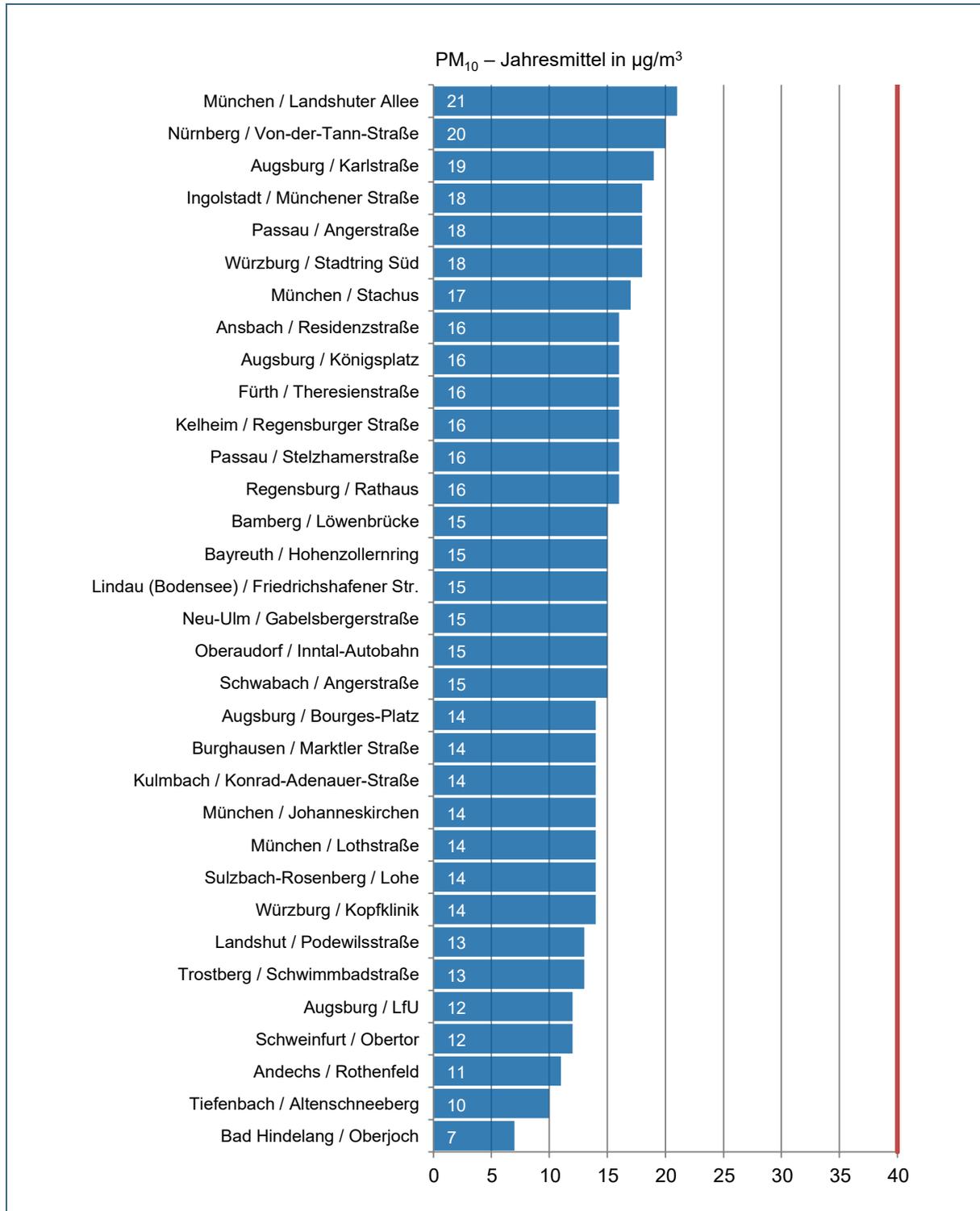


Abb. 4: Feinstaub PM₁₀ – Jahresmittelwerte (absteigend sortiert); die rote Linie markiert den Grenzwert der 39. BImSchV [3] von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$

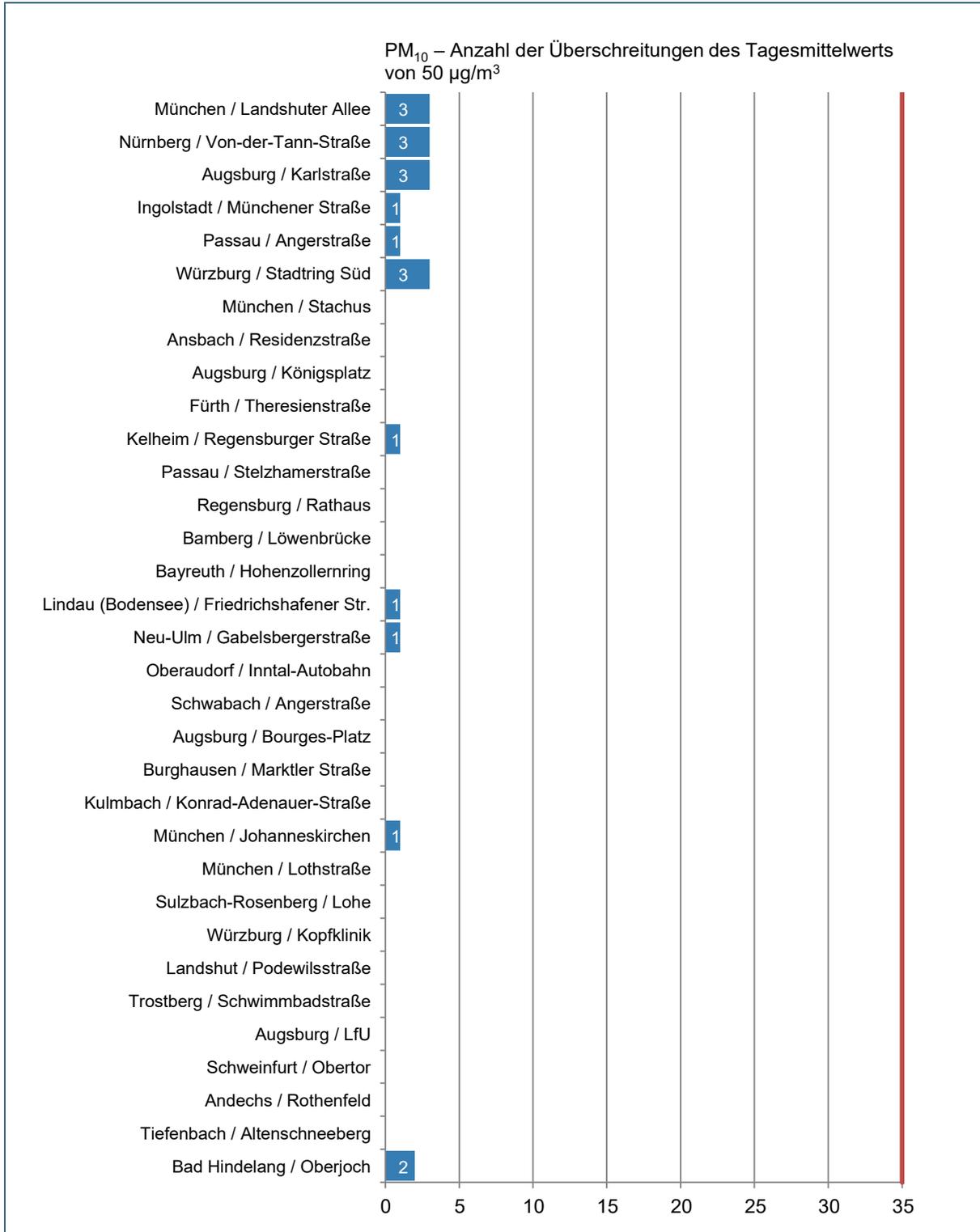


Abb. 5: Feinstaub PM₁₀ – Anzahl der Überschreitungen des Tagesmittelgrenzwerts von 50 µg/m³ (absteigend sortiert nach dem Jahresmittelwert, vergleiche Abb. 4); die rote Linie markiert die maximal zulässige Überschreitungsanzahl von 35 Tagen

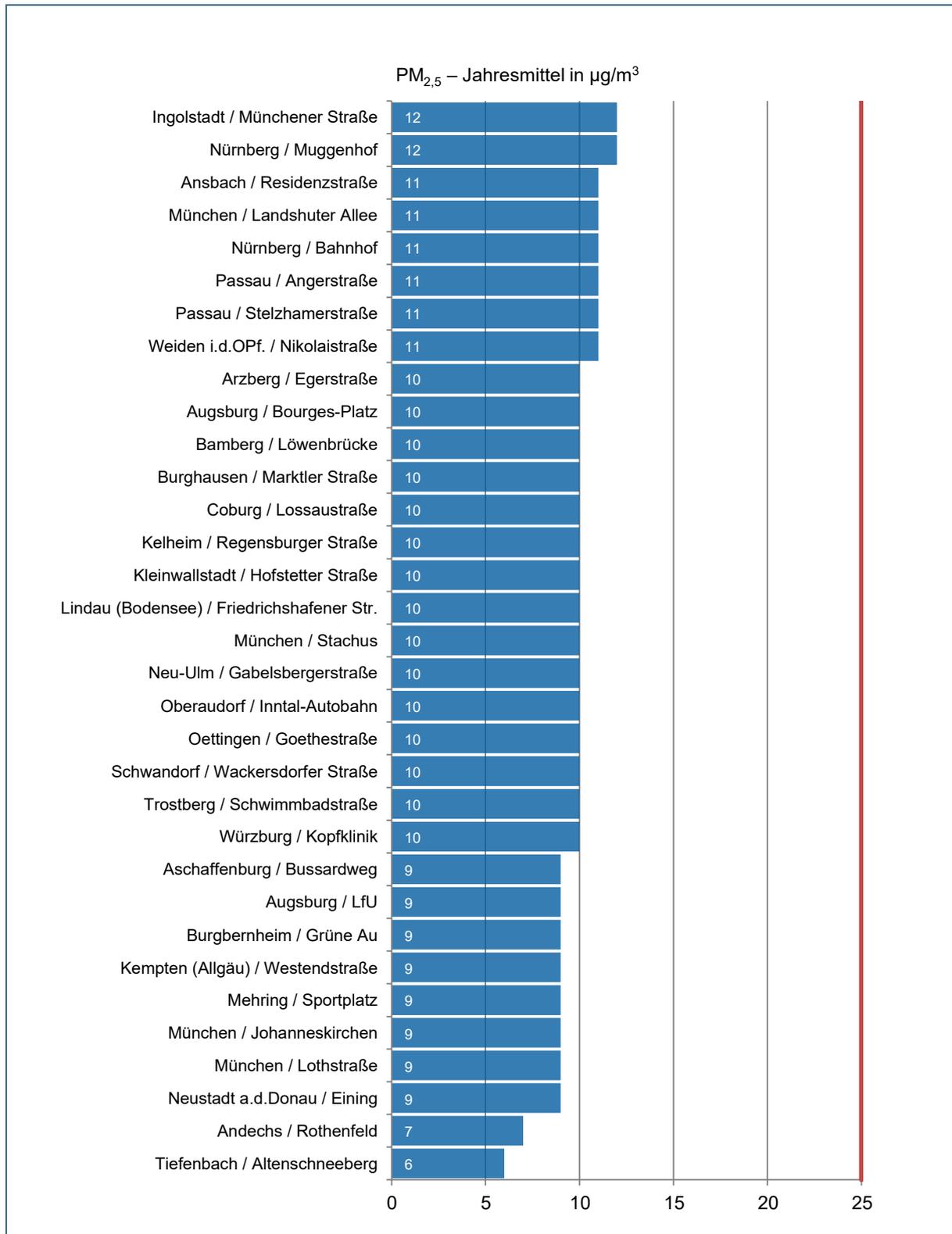


Abb. 6: Feinstaub PM_{2,5} – Jahresmittelwerte (absteigend sortiert); die rote Linie markiert den Grenzwert der 39. BImSchV [3] von 25 µg/m³

3.2.4 Ozon

Im Unterschied zu den anderen Luftschadstoffen treten bei Ozon an den verkehrsbeeinflussten, innerstädtischen LÜB-Messstationen die geringsten Jahresmittelwerte auf. Abhängig von der Lage der LÜB-Messstation ist ausgehend von städtischen Kernbereichen über Stadtrandgebiete hin zu Regionen mit einer geringeren Emissionsdichte und insbesondere in höheren Lagen eine Zunahme der Jahresmittelwerte erkennbar (siehe Abb. 7). Dieser Sachverhalt ist im Wesentlichen darauf zurückzuführen, dass in urbanen Gebieten insbesondere in den Nachtstunden ein bodennaher Abbau des Ozons durch Reaktionen mit anderen Luftschadstoffen stattfindet. Daher ergeben sich dort insgesamt niedrigere Tages- und Jahresmittelwerte. Die Abhängigkeit der Ozonbildung von der Sonneneinstrahlung als treibender Faktor zeigt sich entsprechend im Jahresverlauf mit deutlich höheren Konzentrationen im Sommer als im Winter [35].

Die in der 39. BImSchV [3] festgelegte Informationsschwelle von $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als 1-Stundenmittelwert, bei der die Bevölkerung zu informieren ist, wurde am 20.07.2022 an drei Messstationen in jeweils einer Stunde überschritten. Der höchste Stundenmittelwert wurde mit $223 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an der Station Kleinsiedlung/Hofstetter Straße gemessen. Die höchsten Stundenmittelwerte je Messstation sind im Luft-hygienischen Jahreskurzbericht [1] dargestellt.

Der zum Schutz der menschlichen Gesundheit festgelegte Zielwert beträgt $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als höchster 8-Stundenmittelwert während eines Tages bei 25 zugelassenen Überschreitungen pro Kalenderjahr, gemittelt über drei Jahre. In dem drei Jahre umfassenden Beurteilungszeitraum 2020 bis 2022 wird die zulässige Überschreitungshäufigkeit an allen der 35 beurteilungsrelevanten O_3 -Messstationen eingehalten (Tab. 11). Betrachtet man die Ergebnisse für die einzelnen Jahre, bewegt sich die mittlere¹ Überschreitungshäufigkeit im Jahr 2022 verglichen mit den vergangenen zehn Jahren im Mittelfeld.

Für den Schutz der Vegetation beträgt der Zielwert $18.000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$ als AOT40 für den Zeitraum Mai bis Juli. Der Wert ist seit dem 01.01.2010 so weit wie möglich einzuhalten. Maßgebend für die Beurteilung des Zielwerts ist der über fünf Jahre gemittelte AOT40. Der Zielwert zum Schutz der Vegetation wird im fünf Jahre umfassenden Beurteilungszeitraum 2018 bis 2022 an 7 von 26 beurteilungsrelevanten Messstationen überschritten (siehe Tab. 12). An der Station Mehring/Sportplatz wird mit $19288 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$ der höchste Wert ermittelt. Das mittlere¹ Belastungsniveau im Jahr 2022 liegt verglichen mit den vergangenen zehn Jahren auf dem vierten Platz hinter dem der Jahre 2018, 2019 und 2015. In den vergangenen beiden Jahren 2020 und 2021 wurden die geringsten Belastungsniveaus gemessen. In Abb. 9 sind die AOT40-Werte für das Kalenderjahr 2022 dargestellt. Städtische Hintergrundmessstationen sind nach der 39. BImSchV [3] keine Beurteilungspunkte zum Schutz der Vegetation und daher in Tab. 12 nicht enthalten.

Die langfristig vorgegebenen Ziele zum Schutz der menschlichen Gesundheit und zum Schutz der Vegetation (siehe Tab. 4) werden an keiner Messstation eingehalten.

Nach §23 der 39. BImSchV [3] ist die Einhaltung von langfristigem Ziel, nationalem Ziel und Zielwerten sicherzustellen, soweit dies mit verhältnismäßigen Maßnahmen, insbesondere solchen, die keine unverhältnismäßige Kosten verursachen, möglich ist. Aus der Überschreitung eines Zielwerts kann ein Anspruch auf bestimmte Maßnahmen nicht hergeleitet werden.

Die verkehrsnahe LÜB-Messstation München/Stachus ist aufgrund ihrer Standortcharakteristik nach der 39. BImSchV [3] nicht zur Beurteilung der Ozonbelastung vorgesehen. Ozon wird dort zu Zwecken der Qualitätssicherung und Ursachenforschung gemessen.

¹ gemittelt über alle Messstationen

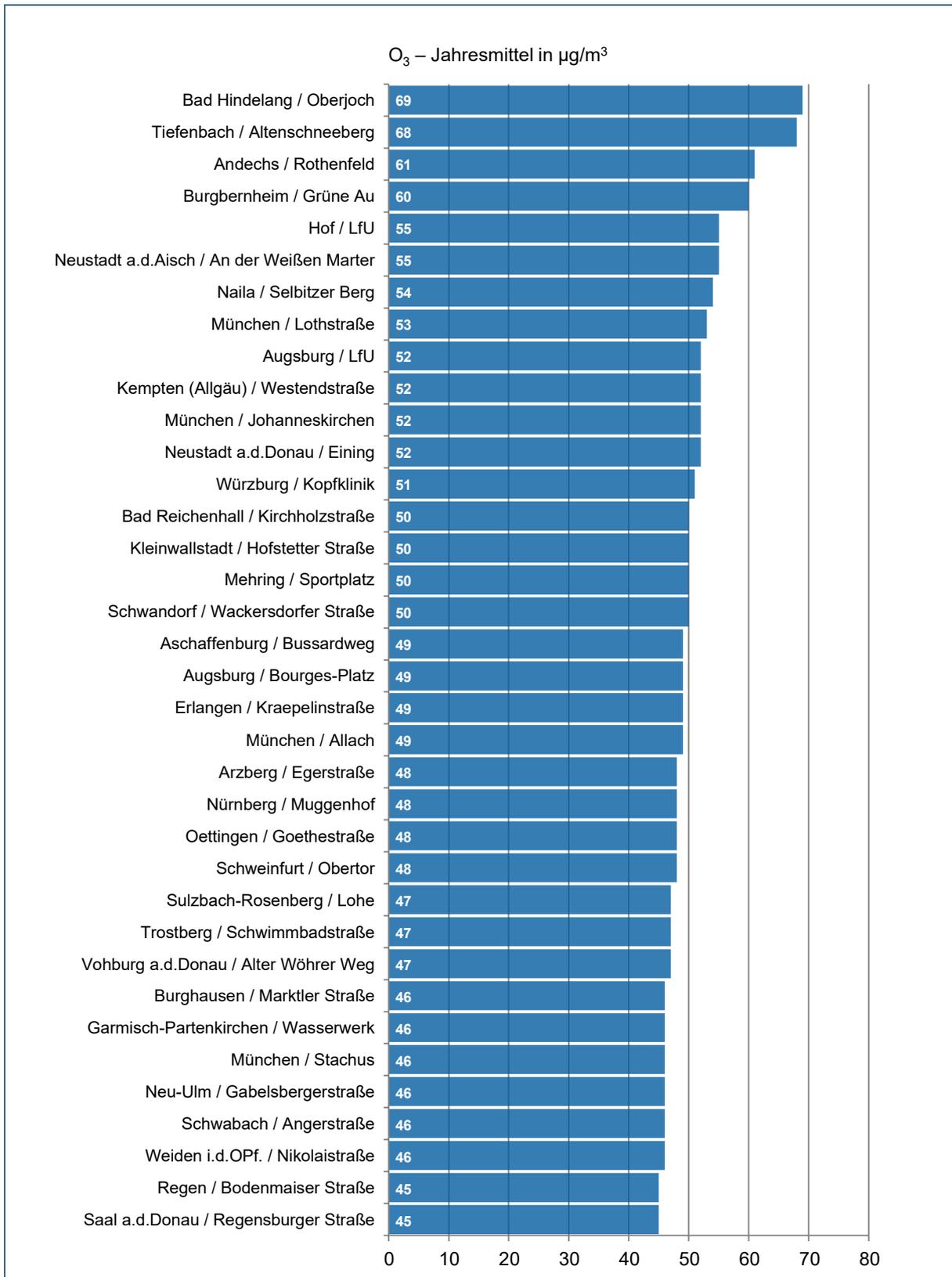


Abb. 7: Ozon (O₃) – Jahresmittelwerte (absteigend sortiert). Für den Jahresmittelwert liegt kein Beurteilungswert vor.

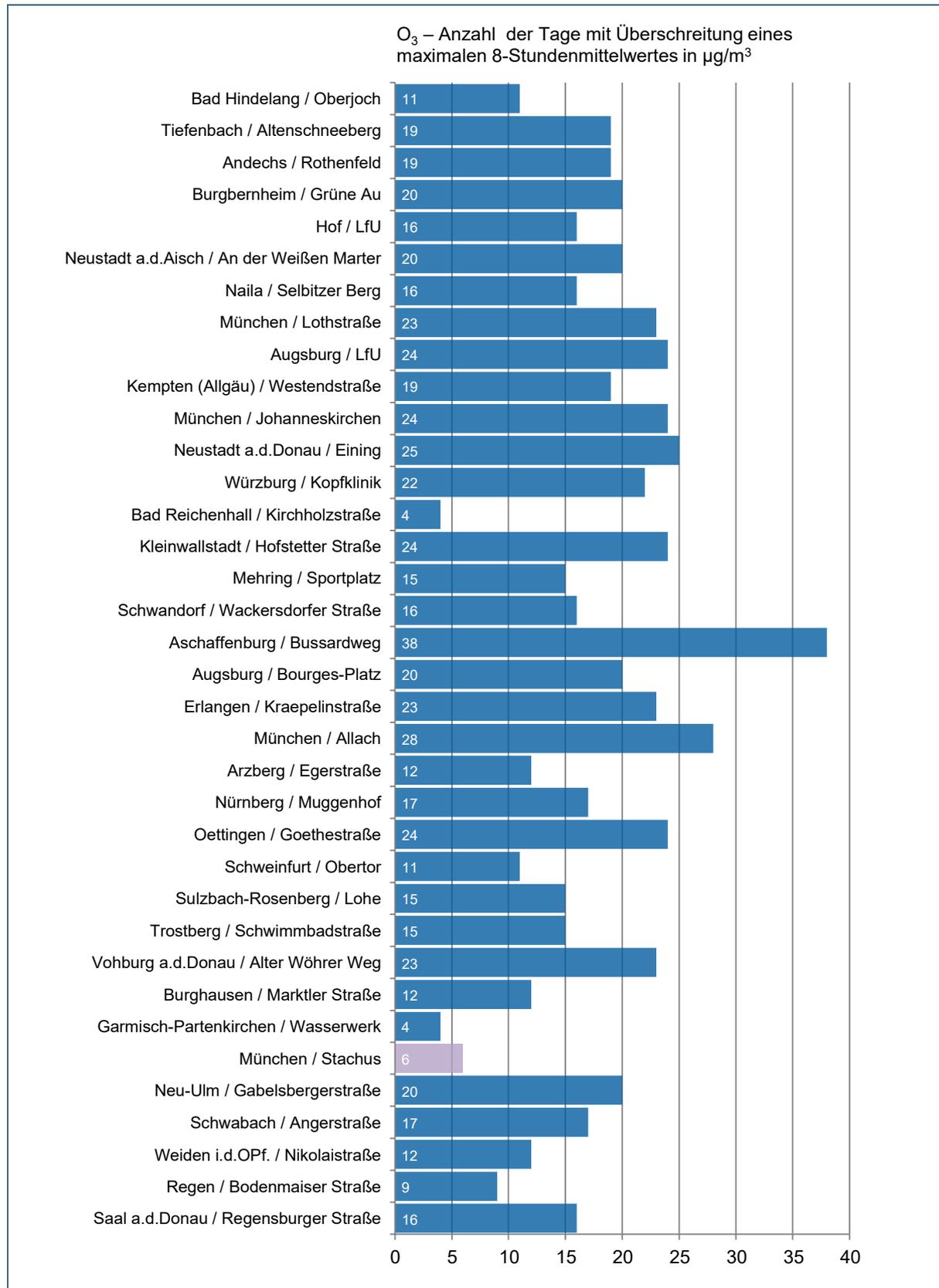


Abb. 8: Ozon (O₃) – Anzahl der Tage mit Überschreitung des maximalen 8-Stundenmittelwertes (im Kalenderjahr, absteigend sortiert nach dem Jahresmittelwert entsprechend Abb. 7). Die Ozonmessung an der verkehrsnahen Station München/Stachus (Balken lila eingefärbt) ist nicht für die Beurteilung vorgesehen und dient Zwecken der Qualitätssicherung und Ursachenforschung.

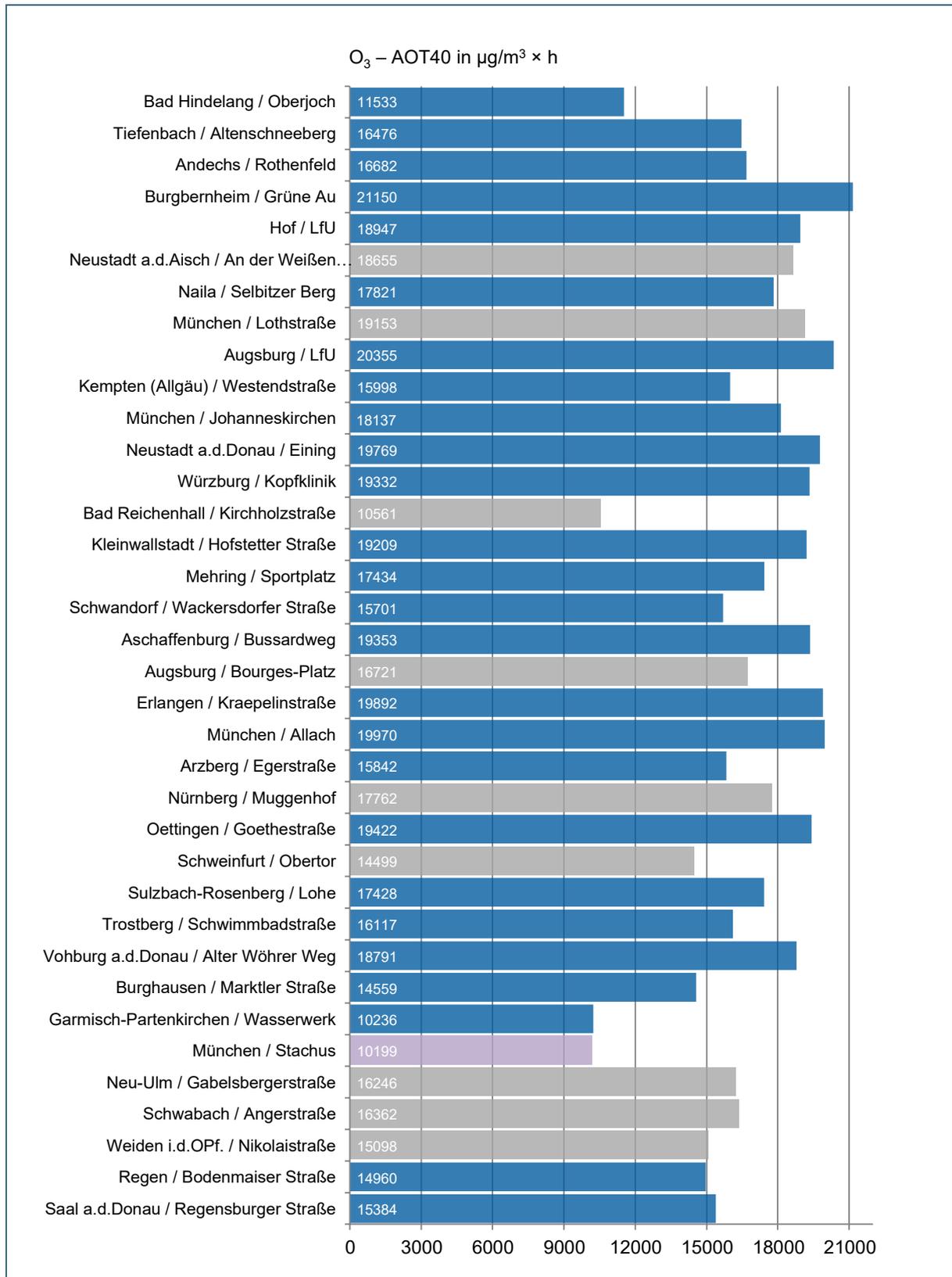


Abb. 9: Ozon (O_3) – AOT40 (im Kalenderjahr, absteigend sortiert nach dem Jahresmittelwert, vergleiche Abb. 7). Die Messstationen mit grau eingefärbten Wertebalken liegen im städtischen Hintergrund (Tab. 1) und sind nach der 39. BImSchV [3] nicht für die Beurteilung zum Schutz der Vegetation vorgesehen. Die Ozonmessung an der verkehrsnahen Station München/Stachus (Balken lila eingefärbt) ist nicht für die Beurteilung vorgesehen und dient Zwecken der Qualitätssicherung und Ursachenforschung.

Tab. 11: Zielwert für Ozon zum Schutz der menschlichen Gesundheit 2020 – 2022. Anzahl der Überschreitungen des höchsten 8-Stundenmittelwertes eines Tages von > 120 µg/m³, gemittelt über drei Kalenderjahre (sortiert nach Stationstyp)

Messtation	Typ	2020	2021	2022	Mittel
Andechs / Rothenfeld	LA-R HG	19	7	19	15
Bad Hindelang / Oberjoch	LA-R HG	10	5	11	9
Burgbernheim / Grüne Au	LA-R HG	24	7	20	17
Mehring / Sportplatz	LA-R HG	18	7	15	13
Neustadt a.d.Donau / Eining	LA-R HG	21	8	25	18
Tiefenbach / Altenschneeberg	LA-R HG	16	9	19	15
Garmisch-Partenkirchen / Wasserwerk	LA-ST HG	7	6	4	6
Naila / Selbitzer Berg	LA-ST HG	12	2	16	10
Arzberg / Egerstraße	STV HG	6	2	12	7
Aschaffenburg / Bussardweg	STV HG	18	4	38	20
Augsburg / LfU	STV HG	23	9	24	19
Burghausen / Marktler Straße	STV HG	10	5	12	9
Erlangen / Kraepelinstraße	STV HG	16	9	23	16
Hof / LfU	STV HG	10	4	16	10
Kempten (Allgäu) / Westendstraße	STV HG	16	10	19	15
Kleinwallstadt / Hofstetter Straße	STV HG	24	6	24	18
München / Allach	STV HG	25	11	28	21
München / Johanneskirchen	STV HG	17	10	24	17
Oettingen / Goethestraße	STV HG	17	7	24	16
Regen / Bodenmaier Straße	STV HG	7	2	9	6
Saal a.d.Donau / Regensburger Straße	STV HG	9	0	16	8
Schwandorf / Wackersdorfer Straße	STV HG	10	3	16	10
Sulzbach-Rosenberg / Lohe	STV HG	8	4	15	9
Trostberg / Schwimmbadstraße	STV HG	11	11	15	12
Vohburg a.d.Donau / Alter Wöhrer Weg	STV HG	18	4	23	15
Würzburg / Kopfklinik	STV HG	13	6	22	14
Augsburg / Bourges-Platz	ST HG	16	6	20	14
Bad Reichenhall / Kirchholzstraße	ST HG	7	5	4	5
München / Lothstraße	ST HG	25	13	23	20
Neustadt a.d.Aisch / An der Weißen Marter	ST HG			20	20
Neu-Ulm / Gabelsbergerstraße	ST HG	22	7	20	16
Nürnberg / Muggenhof	ST HG	7	7	17	10
Schwabach / Angerstraße	ST HG	9	5	17	10
Schweinfurt / Obertor	ST HG	9	4	11	8
Weiden i.d.OPf. / Nikolaistraße	ST HG	3	2	12	6

Tab. 12: Zielwert für Ozon zum Schutz der Vegetation 2018 – 2022. AOT40 in $\mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$, gemittelt über fünf Kalenderjahre (sortiert nach Stationstyp)

Messtation	Typ	2018	2019	2020	2021	2022	Mittel
Andechs / Rothenfeld	LA-R HG	27464	22093	12331	12594	16682	18233
Bad Hindelang / Oberjoch	LA-R HG	18247	16334	9377	10680	11533	13234
Burgbernheim / Grüne Au	LA-R HG	28599	23193	13409	9896	21150	19250
Mehring / Sportplatz	LA-R HG	28790	25142	11424	13651	17434	19288
Neustadt a.d.Donau / Eining	LA-R HG	26576	24900	13881	10812	19769	19188
Tiefenbach / Altenschneeberg	LA-R HG	26286	15855	9657	10823	16476	15819
Garmisch-Partenkirchen / Wasserwerk	LA-ST HG	14771	16799	7568	9084	10236	11692
Naila / Selbitzer Berg	LA-ST HG	19825	17160	8225	9415	17821	14489
Arzberg / Egerstraße	STV HG	18885	17897	8437	8577	15842	13927
Aschaffenburg / Bussardweg	STV HG	19713	17872	10406	8799	19353	15229
Augsburg / LfU	STV HG	25964	24353	13401	11715	20355	19158
Burghausen / Marktler Straße	STV HG	21199	18348	9566	9742	14559	14683
Erlangen / Kraepelinstraße	STV HG	27515	21446	10932	11131	19892	18183
Hof / LfU	STV HG	20647	19693	7225	9493	18947	15201
Kempten (Allgäu) / Westendstraße	STV HG	22087	22203	11643	12000	15998	16786
Kleinwallstadt / Hofstetter Straße	STV HG	24243	18447	11847	9501	19209	16650
München / Allach	STV HG	25165	23190	14433	12720	19970	19096
München / Johanneskirchen	STV HG	25309	19341	12344	12518	18137	17530
Oettingen / Goethestraße	STV HG	23811	22825	12351	10076	19422	17697
Regen / Bodenmaier Straße	STV HG	21211	19491	7971	8243	14960	14375
Saal a.d.Donau / Regensburger Straße	STV HG	19755	16349	9687	7106	15384	13656
Schwandorf / Wackersdorfer Straße	STV HG	21532	-	10699	9338	15701	14317
Sulzbach-Rosenberg / Lohe	STV HG	24964	20781	10270	10364	17428	16762
Trostberg / Schwimmbadstraße	STV HG	23437	21399	10269	14859	16117	17216
Vohburg a.d.Donau / Alter Wöhrer Weg	STV HG	24698	21105	12259	9821	18791	17335
Würzburg / Kopfklinik	STV HG	20848	15979	9998	9548	19332	15141

3.2.5 Kohlenmonoxid

Die Konzentration von Kohlenmonoxid (CO) liegt im Vergleich zum Grenzwert von 10 mg/m^3 , gemittelt über 8 Stunden, auf einem sehr niedrigen Niveau (siehe Abb. 10). An den verkehrsorientierten Messstationen liegen die maximalen 8-Stundenmittelwerte in einem Bereich von $0,7 \text{ mg/m}^3$ bis $1,5 \text{ mg/m}^3$, vergleichbar dem Wert von $1,0 \text{ mg/m}^3$ an der vorstädtischen Hintergrundmessstation Augsburg/LfU. Der Jahresmittelwert liegt an 11 der 13 verkehrsorientierten Messstationen bei $0,3 \text{ mg/m}^3$. An der Landshuter Allee in München wurden im Jahresmittel $0,4 \text{ mg/m}^3$ gemessen. Im vorstädtischen Hintergrund an der Messstation Augsburg/LfU liegt der Jahresmittelwert bei $0,2 \text{ mg/m}^3$.

Für Kohlenmonoxid sind aufgrund des geringen Belastungsniveaus ortsfeste Messungen nach der 39. BImSchV [3] nicht mehr vorgeschrieben. Der Großteil der Kohlenmonoxidmessungen wird hauptsächlich aus Gründen der Qualitätssicherung für andere Luftschadstoffe fortgeführt.

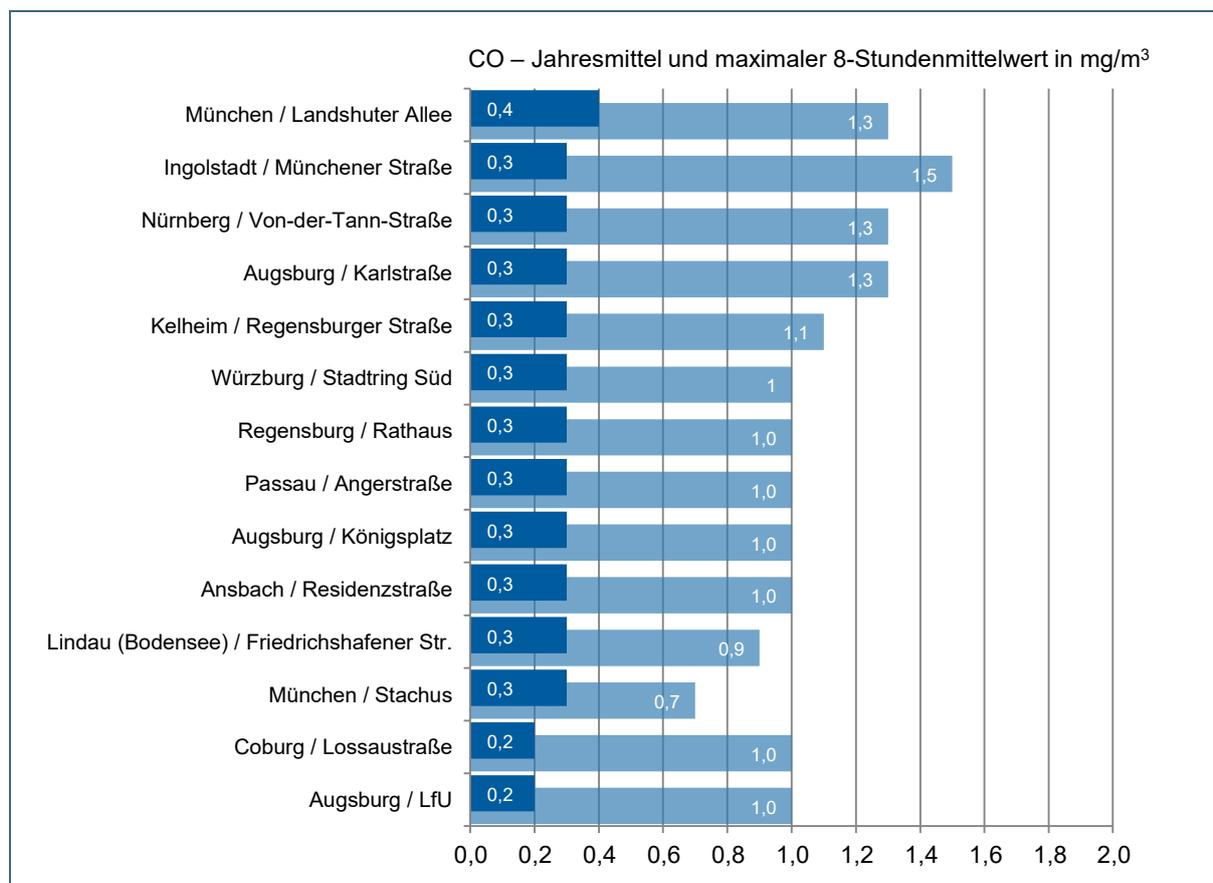


Abb. 10: Kohlenmonoxid (CO) – Jahresmittelwerte (dunkelblau) und maximaler 8-Stundenmittelwert (hellblau) absteigend sortiert nach dem Jahresmittelwert; aus Darstellungsgründen ist eine Markierung für den Grenzwert des maximalen 8-Stundenmittelwertes von 10 mg/m^3 nach der 39. BImSchV [3], der dem fünffachen der Länge der Abszisse entspricht, nicht enthalten.

3.2.6 Benzol

Benzol (C_6H_6) wird als typisch verkehrsspezifischer Schadstoff vorwiegend im Nahbereich verkehrsreicher Straßen gemessen.

Die beurteilungsrelevanten Messungen für Benzol werden mit Passivsammlern [32] durchgeführt. Aufgrund des seit vielen Jahren geringen Belastungsniveaus wurde zu Beginn des Jahres 2019 die Anzahl der Messungen von 16 auf 5 reduziert. Die Jahresmittelwerte bewegen sich zwischen $0,3 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ und $0,9 \text{ } \mu\text{g/m}^3$. Die geringste Belastung wurde an der im ländlichen Hintergrund gelegenen LÜB-

Messstation Andechs/Rothenfeld gemessen, die höchste Konzentration an der stark verkehrsbelasteten Messstation München/Landshuter Allee (siehe Tab. 9 oder Ergebnisse der BTX-Passivsammlermessungen im Internet [36]).

Der seit 2010 nach der 39. BImSchV [3] geltende Jahresmittelgrenzwert von $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wird deutlich unterschritten.

3.2.7 Blei, Arsen, Cadmium und Nickel im Feinstaub PM_{10}

Die Jahresmittelwerte für Blei, Arsen, Cadmium und Nickel in der PM_{10} -Fraktion liegen an allen LÜB-Messstationen deutlich unter den Grenz- bzw. Zielwerten der 39. BImSchV [3]. Die einzelnen Messergebnisse für das Jahresmittel sind in Tab. 10 zusammengestellt. Darüber hinaus sind im Internet [37] auch Monatsmittelwerte verfügbar.

3.2.8 Benzo[a]pyren im Feinstaub PM_{10}

Neben den im Feinstaub PM_{10} analysierten Metallen wird der Gehalt an Benzo[a]pyren als Marker für polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe ermittelt, für den in der 39. BImSchV [3] ein Zielwert von $1 \text{ ng}/\text{m}^3$ festgelegt ist. Die gemessenen Jahresmittelwerte bewegen sich zwischen $0,07 \text{ ng}/\text{m}^3$ und $0,255 \text{ ng}/\text{m}^3$ und liegen damit deutlich unter dem Zielwert. Die höchste Belastung tritt an der LÜB-Messstation Landshut/Podewilsstraße auf (siehe Tab. 10 oder Internet [37]).

Hauptemittent von Benzo[a]pyren ist vor allem der Hausbrand. Der Jahrgang zeigt einen sehr ausgeprägten Verlauf. Im Winterhalbjahr werden bei kaltem Wetter mit vermehrtem Hausbrand im Zusammenhang mit Inversionswetterlagen Monatsmittelwerte um $1 \text{ ng}/\text{m}^3$ oder mehr gemessen, jedoch mit deutlich abnehmendem Trend in den letzten zehn Jahren. In den Sommermonaten liegen die Konzentrationen meist unterhalb der Bestimmungsgrenze von $0,02 \text{ ng}/\text{m}^3$.

3.3 Weitere Auswertungen im Internet

Weitere Auswertungen in grafischer und tabellarischer Form sind im Internet unter dem Link <https://www.lfu.bayern.de/luft/immissionsmessungen/auswertungen/index.htm> zu finden.

Nachfolgend sind die Verlinkungen zu den einzelnen Auswertungen aufgelistet:

- [BTX-Passivsammler](#) [36]
- [Inhaltsstoffe in der \$\text{PM}_{10}\$ -Fraktion \(Monatsmittelwerte\)](#) [37]
- [Langzeitverläufe](#) [38]
- [Staubniederschlag und Inhaltsstoffe](#) [39]
- [Windrosen](#) [13]

4 Trendanalysen je Messstation und Entwicklung unterschiedlicher Belastungsniveaus

4.1 Trendanalysen je Messstation

Im Folgenden wird die langfristige Entwicklung der Schadstoffbelastung für die Komponenten Stickstoffmonoxid, Stickstoffdioxid, Feinstaub (PM₁₀ und PM_{2,5}), Ozon, Kohlenmonoxid und Schwefeldioxid anhand von zehnjährigen Trendanalysen betrachtet. Die Auswertung erfolgt für alle LÜB-Messstationen, bei denen Auswerteziträume über mindestens die letzten sechs zurückliegenden Jahre vorliegen. Der Trend wird mittels einer linearen Regression berechnet. Als Basis hierfür werden die monatlich gleitenden 12-Monatsmittelwerte herangezogen. Durch die Mittelung über zwölf Monate werden die jahreszeitlich bedingten Schwankungen der Schadstoffbelastung geglättet. Etwaige Änderungen der Schadstoffentwicklung innerhalb des Auswertezitraums, wie z. B. zunächst steigende und dann fallende Trends, werden im Trend nicht erfasst und können anhand der gleitenden 12-Monatsmittelwerte in den Grafiken abgelesen werden.

Zur Beurteilung der Signifikanz des Trends wird die zweifache Trendstandardabweichung herangezogen. Erst wenn der berechnete Trend betragsmäßig größer als die zweifache Trendstandardabweichung ist, wird dies als signifikante Änderung der Belastungssituation bewertet. Andernfalls wird von keiner relevanten Veränderung ausgegangen.

Generell ist bei der Bewertung der Verläufe zu berücksichtigen, dass neben der Emissionssituation auch die Meteorologie – insbesondere die Windsituation und vertikale Austauschbedingungen – die Immissionsituation deutlich beeinflussen. Kein Jahr gleicht dem anderen und einzelne Jahre können besonders stark von den mittleren Verhältnissen abweichen, was bei der Bewertung der Verläufe zu berücksichtigen ist.

Sämtliche Langzeitverläufe mit Grafiken und Trendtabellen sind im Internetauftritt des Bayerischen Landesamts für Umwelt [38] abrufbar.

4.1.1 Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid

Von den mit Messgeräten für Stickstoffoxide bestückten LÜB-Messstationen wurden für 45 Stationen Trendanalysen durchgeführt.

Für Stickstoffmonoxid zeigen 40 Standorte einen abnehmenden Trend über den betrachteten Zeitraum, 4 Standorte eine unveränderte Situation und an einer Messstation (Bad Hindelang/Oberjoch²) nehmen die gemessenen Konzentrationen langfristig zu.

An der verkehrsorientierten LÜB-Messstation München/Landshuter Allee ist der Rückgang mit 83 µg/m³ am stärksten ausgeprägt. Im Langzeitverlauf ist am gleitenden Mittelwert abzulesen, dass etwa seit dem Jahr 2017 ein deutlicher Rückgang erfolgt. Über die vier Jahre zuvor ist kein eindeutiger Trend erkennbar. Die jährlichen Abnahmen fallen seitdem also stärker aus, als alleine aus dem zehnjährigen Trendwert ableitbar ist.

Auf dem zweiten Rang liegt ebenfalls eine verkehrsbelastete Münchner Messstation mit sehr langer Historie (Inbetriebnahme im Jahr 1978): Die Station am Stachus (-55 µg/m³).

² Die NO_x-Messung an der ländlichen Hintergrundmessstation Bad Hindelang/Oberjoch wird von einem nahegelegenen – immissionsschutzrechtlich nicht genehmigungspflichtigen – Blockheizkraftwerk mittlerweile deutlich beeinflusst. Daher wurde nach einem geeigneten Ersatzstandort gesucht, der die Messstation in Oberjoch ersetzen soll. Der neue Standort Bad Hindelang/Unterjoch wurde im August 2023 in Betrieb genommen.

Auf dem dritten Rang folgt die LÜB-Messstation Oberaudorf/Inntal-Autobahn mit einem Rückgang von $54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in zehn Jahren. An der Messstation bei Oberaudorf in nächster Nähe zur Autobahn zeigt sich im Verlauf des gleitenden 12-Monatsmittelwerts deutlich der Einfluss durch die Errichtung einer Lärmschutzwand (Fertigstellung Herbst 2017) zwischen Messstation und Autobahn, die eine Abschirmung der direkten Verkehrsemissionen auch luftseitig bewirkt.

Auf den weiteren Rängen folgen die verkehrsnahen Messstandorte Nürnberg/Von-der-Tann-Straße, Augsburg/Karlstraße und Würzburg/Stadtring Süd.

Für Stickstoffdioxid zeigen 44 der 45 ausgewerteten Zeitreihen eine Abnahme der Belastung über den betrachteten Zeitraum.

Mit einem Rückgang von $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in den letzten zehn Jahren ist der Trend an der LÜB-Messstation München/Landshuter Allee am stärksten ausgeprägt. Auf dem zweiten Rang folgt in München mit $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ die verkehrsnahen Messstation am Stachus. Die Verläufe der beiden Münchner Messstationen belegen die Wirksamkeit und die Erfolge von Maßnahmen und moderner Abgastechnologien zur Reduzierung der Stickstoffoxidemissionen.

Auf dem dritten Rang folgt die LÜB-Messstation Oberaudorf/Inntalautobahn. In dem Trend macht sich auch die Fertigstellung einer Lärmschutzwand im Jahr 2017 bemerkbar, die eine Abschirmung der direkten Verkehrsemissionen auch luftseitig bewirkt hat.

Mit größerem Abstand, aber immer noch deutlich fallendem Trend, folgen die verkehrsnahen Messstationen Augsburg/Karlstraße und Würzburg/Stadtring Süd.

Entgegen dem allgemein abnehmenden Trend zeigt die Messstation Bad Hindelang/Oberjoch gleichbleibende Verhältnisse (siehe Fußnote 2, S. 38).

In der Kategorie der verkehrsnahen Messstationen sind erwartungsgemäß aufgrund der Quellnähe zum Verkehr mit den höchsten Konzentrationen auch die stärksten Rückgänge zu verzeichnen. Doch auch im ländlich regionalen Hintergrund mit dem geringsten Belastungsniveau ergibt die Auswertung Konzentrationsabnahmen im zehnjährigen Auswertzeitraum von bis zu $5,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

4.1.2 Feinstaub (PM₁₀ und PM_{2,5})

Für Feinstaub PM₁₀ zeigen 30 der 32 LÜB-Messstationen eine Abnahme der Konzentration über die letzten zehn Jahre bzw. den jeweiligen Auswertzeitraum. An den Messstationen Andechs/Rothenfeld und Bad Hindelang/Oberjoch ist kein eindeutiger Trend abzulesen.

Am stärksten ist der rückläufige Trend an den verkehrsbelasteten Messstationen Oberaudorf/Inntal-Autobahn, Regensburg/Rathaus und Würzburg/Stadtring Süd mit jeweils $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ausgeprägt.

Auffällig in den Verläufen ist an fast allen Messstationen ein deutlicher Peak Anfang 2017, der sich auch im gleitenden 12-Monatsmittelwert in einer sichtbaren Erhöhung widerspiegelt. Hierbei handelt es sich um eine bayernweit aufgetretene relativ hohe Feinstaubbelastung, insbesondere in der zweiten Januarhälfte. Ausschlaggebend dafür war eine sehr ausgeprägte Inversionswetterlage, die einen Luftaustausch der bodennahen Luftschicht mit höheren Luftschichten über längere Zeit verhinderte. Der rückläufige zehnjährige Trend wird hierdurch etwas gedämpft. An höhergelegenen Messstationen wie in Tiefenbach und Andechs ist der Peak nur schwach ausgeprägt. An der höchstgelegenen LÜB-Messstation Bad Hindelang/Oberjoch auf 1169 m ist keine Erhöhung abzulesen. Das zeigt anschaulich, dass die Messstation oberhalb der Obergrenze der Bodeninversion lag.

Bei der Komponente Feinstaub PM_{2,5} wird an allen der 31 auswertbaren Messstationen ein rückläufiger Trend festgestellt. Den stärksten Rückgang zeigt die verkehrsnahen Messstation München/Stachus mit 7,4 µg/m³, gefolgt von der Messstation München/Landshuter Allee mit 6,9 µg/m³ und der im städtischen Hintergrund gelegenen Messstation Augsburg/Bourges Platz sowie der im vorstädtischen Hintergrund gelegenen Messstation Schwandorf/Wackersdorfer Straße mit jeweils 6,5 µg/m³. An der ländlichen Hintergrundmessstation Andechs/Rothenfeld wird mit 2,9 µg/m³ der geringste Rückgang ermittelt. Mit Ausnahme der zwei verkehrsnahen Messstationen mit den größten Abnahmen fällt zwischen den verschiedenen Belastungskategorien (städtisch verkehrsnah, (vor-)städtischer Hintergrund, ländlicher regionaler Hintergrund) kein wesentlicher Unterschied bei den vorliegenden Bandbreiten auf.

Im Januar 2017 ist an einigen Messstationen ähnlich wie bei Feinstaub PM₁₀ ein sehr starker Peak zu erkennen, der auf die oben genannte außergewöhnliche Inversionswetterlage zurückzuführen ist.

4.1.3 Ozon

Die Trendauswertung zeigt über die letzten zehn Jahre an 23 der 33 auswertbaren Messstationen einen zunehmenden Trend. An den restlichen zehn Messstationen ist keine signifikante Veränderung ablesbar.

Die größte Zunahme der beurteilungsrelevanten Messstationen zeigt die Messstation Saal a. d. Donau/Regensburger Straße mit 14 µg/m³ in zehn Jahren.

Mit Abstand die größte Zunahme zeigt die verkehrsorientierte Messstation München/Stachus mit 22 µg/m³. An dieser Messstation wird Ozon zu qualitätssichernden und wissenschaftlichen Zwecken erhoben. Beurteilungsrelevant sind die Ozonergebnisse aufgrund der Nähe zum Straßenverkehr am Stachus nicht. Daher sind sie auch nicht mit dem Rest der Messstationen vergleichbar. Der deutliche Rückgang der Stickstoffmonoxidemissionen der letzten Jahre im Verkehrssektor trägt hier maßgeblich zur Zunahme der Ozonkonzentrationen bei. Bei den beurteilungsrelevanten Messstationen liegen die größten Zunahmen an den Messstationen Saal a.d.Donau/Regensburger Straße, Augsburg/Bourges-Platz und München/Lothstraße vor.

An sechs der acht Messstationen im ländlichen Hintergrund ist kein eindeutiger Trend ablesbar. Die Ergebnisse der ländlichen Messstationen haben gegenüber denen der anderen Stationskategorien mit verkehrsnahem oder (vor-)städtischem Bezug flächenmäßig die größte Repräsentativität.

Weitere Zusatzinformationen rund um Ozon und insbesondere zur Entwicklung sind im Internet [35] verfügbar.

4.1.4 Kohlenmonoxid und Schwefeldioxid

Die Kohlenmonoxidkonzentrationen nehmen an allen 13 verkehrsnahen LÜB-Messstationen in den letzten zehn Jahren weiterhin signifikant ab. Auch die Auswertung der Messung im vorstädtischen Hintergrund – Station Augsburg/LfU – zeigt eine Abnahme.

Der stärkste Rückgang ist mit 0,22 mg/m³ in den letzten zehn Jahren an der verkehrsbelasteten Messstation München/Landshuter Allee zu verzeichnen. Den geringsten Rückgang der Messstationen mit vollständiger Zeitreihe zeigt die Messstation Coburg/Lossastraße.

Kohlenmonoxid entsteht überwiegend bei unvollständigen Verbrennungsprozessen in Motoren und kleineren Feuerungsanlagen. Dementsprechend gelten als Hauptverursacher der Kohlenmonoxid-

emissionen der Kfz-Verkehr und der Hausbrand. Der Rückgang der Schadstoffbelastung ist trotz steigendem Verkehrsaufkommen insbesondere auf die Verminderung der Emissionen im Verkehrsbereich zurückzuführen. Die Konzentrationen bewegen sich heutzutage auf einem sehr niedrigen Niveau.

Für Schwefeldioxid besteht mittlerweile aufgrund des geringen Belastungsniveaus keine Messverpflichtung mehr. Deshalb wurden seit Beginn 2018 die Messungen für Schwefeldioxid an den LÜB-Messstationen eingestellt. Der letzte Auswertzeitraum über zehn Jahre erstreckt sich daher von 2008 bis 2017.

Trotz des seit vielen Jahren sehr geringen Belastungsniveaus zeigen noch sieben der zwölf LÜB-Messstationen bei Schwefeldioxid Abnahmen über den letzten verfügbaren zehnjährigen Auswertzeitraum von 2008 bis 2017 (Messende). Am deutlichsten ist die Abnahme an der Station Augsburg/Königsplatz mit $3,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zu beobachten, knapp gefolgt von der Station München/Stachus mit $2,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$. An den restlichen fünf Stationen sind die Trendwerte zwar auch negativ, jedoch wird das Signifikanzkriterium nicht erfüllt, so dass der Trend als unverändert eingestuft wird.

Die Schwefeldioxidkonzentrationen liegen seit Ende der 1990er Jahre flächendeckend auf einem sehr niedrigen Niveau. Der deutliche Rückgang gegenüber den hohen Belastungen, die noch in den 1980er Jahren vorherrschten (siehe Internet [38], Langzeitverläufe seit Messbeginn), ist auf emissionsmindernde Maßnahmen in sämtlichen Sektoren, insbesondere im Bereich Kraft- und Heizwerke, sowie auf den Einsatz schwefelarmer Brennstoffe zurückzuführen.

4.2 Entwicklung unterschiedlicher Belastungsniveaus

Nachfolgend wird für Stickstoffdioxid (Abb. 11) und Feinstaub PM_{10} (Abb. 12) die Entwicklung des Konzentrationsniveaus der letzten zehn Jahre für in der 39. BImSchV [3] unterschiedenen Stationskategorien ländlich, städtisch, vorstädtisch und verkehrsnah dargestellt.

Je Stationskategorie und Jahr wurde ein Mittelwert über alle Jahresmittelwerte der aktuell aktiven LÜB-Messstationen gebildet, deren Messzeitreihen im Regelfall alle auszuwertenden Jahre umfassen. So wird vermieden, dass durch Änderungen der Stationszahlen oder Messlücken innerhalb einer Kategorie bzw. eines Kollektivs systematische Änderungen – insbesondere bei wenigen Stationen oder bei Stationen mit deutlich vom Mittelwert abweichenden Belastungen – einfließen können.

Für Stickstoffdioxid zeigt Abb. 11 in allen Belastungsniveaus eine anhaltende Abnahme der Konzentrationen. Besonders deutlich zeigt sich der Rückgang an verkehrsbelasteten Messstationen seit dem Jahr 2015. Der Verlauf belegt die Wirksamkeit und die Erfolge von Maßnahmen und moderner Abgas-technologien zur Reduzierung der Stickstoffoxidemissionen. Von dem Jahr 2019 auf 2020 fällt insbesondere bei den verkehrsorientierten Messungen ein noch markanterer Rückgang auf. Der Einfluss emissionsmindernder Effekte im Zusammenhang mit Lockdown-Maßnahmen aufgrund des neuartigen Coronavirus ist hierin anteilig beteiligt (siehe [40], Kapitel 3.2.2, Abs. 3).

Für Feinstaub PM_{10} zeigt sich in der höchsten Belastungskategorie verkehrsnaher Messstationen seit 2020 keine wesentliche Änderung mehr (siehe Abb. 12). Dieses Niveau ist das niedrigste der letzten zehn Jahre. An den Stationen im städtischen Hintergrund verhält es sich ähnlich. Das Belastungsniveau in vorstädtischen und ländlichen Gebieten ist gegenüber dem Vorjahr 2021 leicht angestiegen. Im Jahr 2021 wurden hier die niedrigsten Werte im zehnjährigen Zeitraum ermittelt. Im Vergleich zu Abb. 11 für Stickstoffdioxid fällt auf, dass bei Feinstaub PM_{10} die Jahresmittelwerte größeren Schwankungen unterliegen. Dabei wird insbesondere in der Mitte des Auswertzeitraums der zum Teil deutliche Einfluss der Meteorologie auf die Feinstaubbelastung einzelner Jahre sichtbar. Im Jahr 2017 hat

beispielsweise eine außergewöhnlich intensive Inversionswetterlage (langandauernd, geringe Mischungsschichthöhe, teils sehr niedrige Lufttemperaturen) deutlichen Einfluss auf den Jahresmittelwert. Winterliche Inversionswetterlagen wirken verstärkt auf die Feinstaubbelastung, da zeitgleich zu schlechten Durchmischungseigenschaften der unteren Luftschicht verstärkt bodennahe Feinstaubemissionen aus der Holzfeuerung zur Wärmeerzeugung freigesetzt werden. Im Jahr 2018 bspw. wirkt sich das extrem trockene Sommerhalbjahr mit infolge vermehrter Staubaufwirbelung aus.

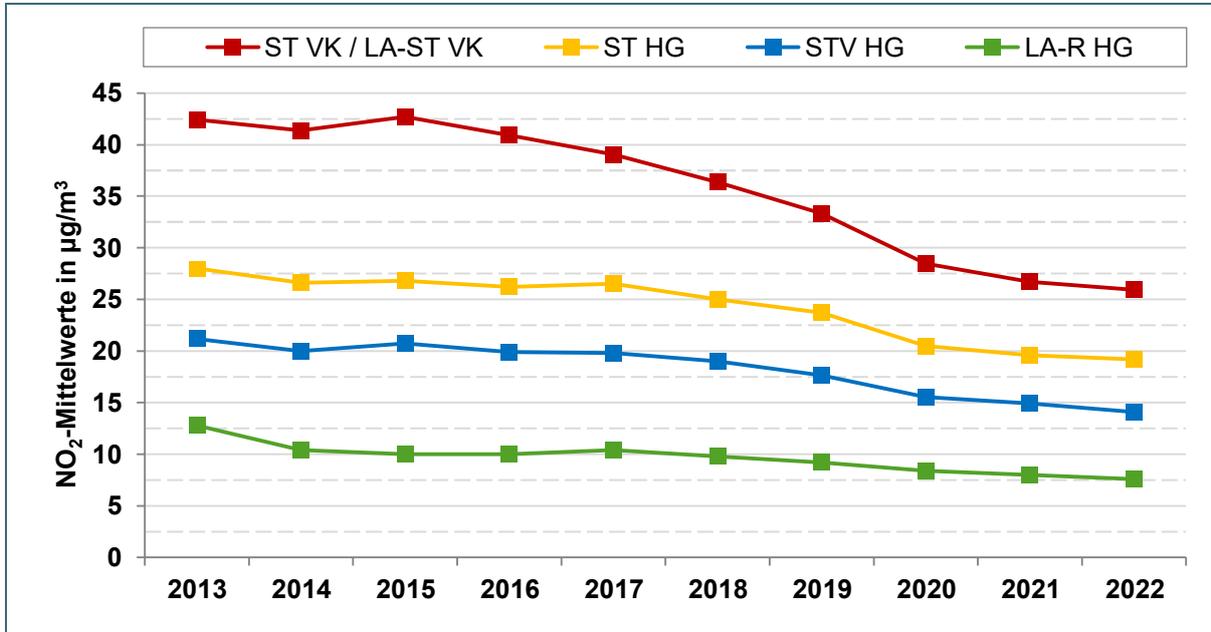


Abb. 11: Stickstoffdioxid (NO₂) – Entwicklung der Konzentrationen in den Belastungsniveaus verkehrsnah (ST VK / LA-ST VK), städtisch (ST HG), vorstädtisch (STV HG) und ländlich (LA-R HG). Vergleiche Tab. 1, S. 8, zur Erläuterung der Abkürzungen

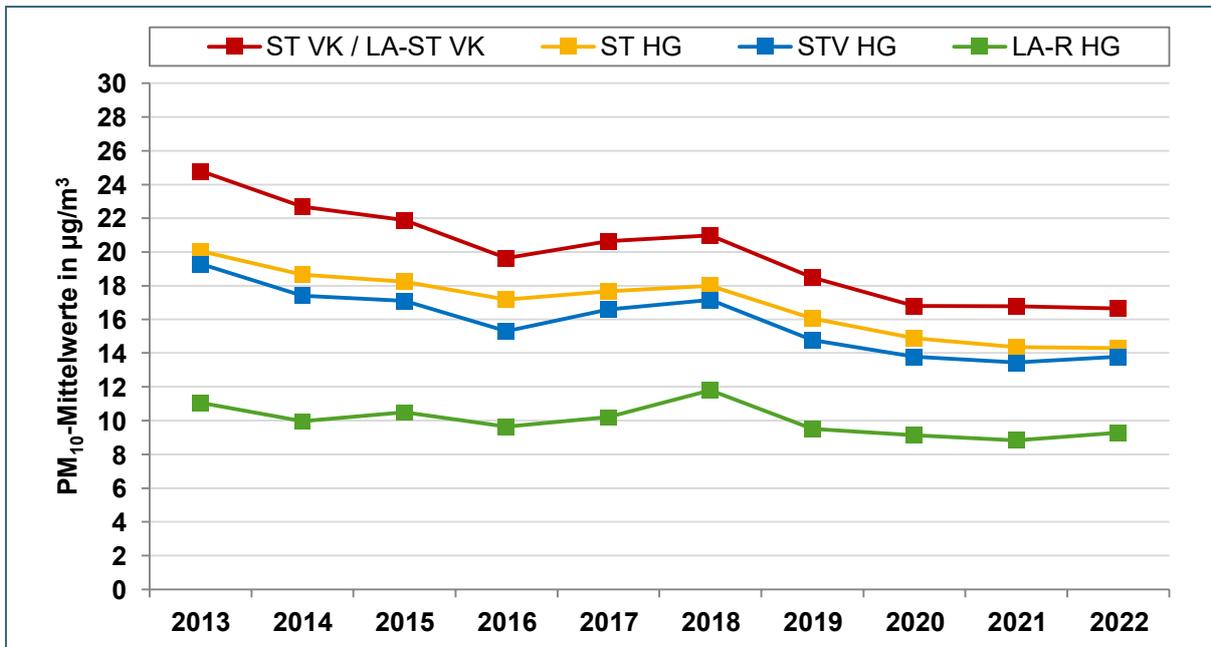


Abb. 12: Feinstaub PM₁₀ – Entwicklung der Konzentrationen in den Belastungsniveaus verkehrsnah (ST VK / LA-ST VK), städtisch (ST HG), vorstädtisch (STV HG) und ländlich (LA-R HG). Vergleiche Tab. 1, S. 8, zur Erläuterung der Abkürzungen

5 Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Übersicht der Luftmessstationen (Sortierung nach Gebiet, Stationstyp und Stationsname)	8
Tab. 2:	Bestückungsliste der Luftmessstationen (Sortierung nach Gebiet, Stationstyp und Stationsname)	10
Tab. 3:	Eingesetzte Messverfahren und -geräte bei der kontinuierlichen Überwachung der Luftqualität	12
Tab. 4:	Zusammenstellung der Grenzwerte (GW), Informationsschwelle, Alarmschwellen, Zielwerte (ZW) und kritischen Werte (KW) der 39. BImSchV [3]	14
Tab. 5:	Immissionswerte nach TA Luft [26]. Anmerkung: Es sind nur Schadstoffe aufgeführt, die auch im Rahmen der Überwachung der Luftqualität im LÜB-Messnetz gemessen werden.	15
Tab. 6:	Richtwerte nach VDI 2310 [27, 28]	15
Tab. 7:	Leitwerte nach WHO [29]	16
Tab. 8:	Kurzübersicht der Beurteilungskenngrößen mit Bezugszeiträumen, Einheiten und Paragrafen der 39. BImSchV [3] für Stickstoffdioxid (NO ₂), Feinstaub (PM ₁₀ und PM _{2,5}), Benzol (C ₆ H ₆), Kohlenmonoxid (CO) und Ozon (O ₃) zur Bewertung der Ergebnisse in Tab. 9	17
Tab. 9:	Immissionskenngrößen für das Jahr 2022 sortiert nach BA/Gebiet und Stationstyp – bei Jahresmittel-werten (JMW) Einheit in µg/m ³ , bei AOT40 Einheit in (µg/m ³) × h, bei Überschreitungshäufigkeiten (ÜS) Anzahl und bei CO Einheit in mg/m ³	18
Tab. 10:	Immissionskenngrößen für das Jahr 2022 sortiert nach BA/Gebiet und Stationstyp – Jahresmittelwerte der Analysenergebnisse für die Inhaltsstoffe Blei (Pb), Arsen (As), Cadmium (Cd), Nickel (Ni) und Ben-zo[a]pyren (B[a]P) in der PM ₁₀ -Fraktion. In der Klammer nach dem Stoffkürzel ist für Blei der Grenzwert (Einheit µg/m ³), ansonsten der Zielwert (Einheit ng/m ³) angegeben.	20
Tab. 11:	Zielwert für Ozon zum Schutz der menschlichen Gesundheit 2020 – 2022. Anzahl der Überschreitungen des höchsten 8-Stundenmittelwertes eines Tages von > 120 µg/m ³ , gemittelt über drei Kalenderjahre (sortiert nach Stationstyp)	32
Tab. 12:	Zielwert für Ozon zum Schutz der Vegetation 2018 – 2022. AOT40 in µg/m ³ × h, gemittelt über fünf Kalenderjahre (sortiert nach Stationstyp)	33

6 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Karte mit den Messstationen des Lufthygienischen Landesüberwachungssystems Bayern (LÜB)	7
Abb. 2:	Stickstoffmonoxid (NO) – Jahresmittelwerte (absteigend sortiert)	22
Abb. 3:	Stickstoffdioxid (NO ₂) – Jahresmittelwerte (absteigend sortiert); die rote Linie markiert den Grenzwert der 39. BImSchV [3] von 40 µg/m ³	23
Abb. 4:	Feinstaub PM ₁₀ – Jahresmittelwerte (absteigend sortiert); die rote Linie markiert den Grenzwert der 39. BImSchV [3] von 40 µg/m ³	25
Abb. 5:	Feinstaub PM ₁₀ – Anzahl der Überschreitungen des Tagesmittelgrenzwerts von 50 µg/m ³ (absteigend sortiert nach dem Jahresmittelwert, vergleiche Abb. 4); die rote Linie markiert die maximal zulässige Überschreitungsanzahl von 35 Tagen	26
Abb. 6:	Feinstaub PM _{2,5} – Jahresmittelwerte (absteigend sortiert); die rote Linie markiert den Grenzwert der 39. BImSchV [3] von 25 µg/m ³	27
Abb. 7:	Ozon (O ₃) – Jahresmittelwerte (absteigend sortiert). Für den Jahresmittelwert liegt kein Beurteilungs-wert vor.	29
Abb. 8:	Ozon (O ₃) – Anzahl der Tage mit Überschreitung des maximalen 8-Stundenmittelwertes (im Kalender-jahr, absteigend sortiert nach dem Jahresmittelwert entsprechend Abb. 7). Die Ozonmessung an der verkehrsnahen Station München/Stachus (Balken lila eingefärbt) ist nicht für die Beurteilung vorgesehen und dient Zwecken der Qualitätssicherung und Ursachenforschung.	30
Abb. 9:	Ozon (O ₃) – AOT40 (im Kalenderjahr, absteigend sortiert nach dem Jahresmittelwert, vergleiche Abb. 7). Die Messstationen mit grau eingefärbten Wertebalken liegen im städtischen Hintergrund (Tab. 1) und sind nach der 39. BImSchV [3] nicht für die Beurteilung zum Schutz der Vegetation vorgesehen. Die Ozonmessung an der verkehrsnahen Station München/Stachus (Balken lila eingefärbt) ist nicht für die Beurteilung vorgesehen und dient Zwecken der Qualitätssicherung und Ursachenforschung.	31
Abb. 10:	Kohlenmonoxid (CO) – Jahresmittelwerte (dunkelblau) und maximaler 8-Stundenmittelwert (hellblau) absteigend sortiert nach dem Jahresmittelwert; aus Darstellungsgründen ist eine Markierung für den Grenzwert des maximalen 8-Stundenmittelwertes von 10 mg/m ³ nach der 39. BImSchV [3], der dem fünffachen der Länge der Abszisse entspricht, nicht enthalten.	34
Abb. 11:	Stickstoffdioxid (NO ₂) – Entwicklung der Konzentrationen in den Belastungsniveaus verkehrsnah (ST VK / LA-ST VK), städtisch (ST HG), vorstädtisch (STV HG) und ländlich (LA-R HG). Vergleiche Tab. 1, S. 8, zur Erläuterung der Abkürzungen	40
Abb. 12:	Feinstaub PM ₁₀ – Entwicklung der Konzentrationen in den Belastungsniveaus verkehrsnah (ST VK / LA-ST VK), städtisch (ST HG), vorstädtisch (STV HG) und ländlich (LA-R HG). Vergleiche Tab. 1, S. 8, zur Erläuterung der Abkürzungen	40

7 Literaturverzeichnis

- [1] Bayerisches Landesamt für Umwelt:
Startseite > Themen > Luft > Immissionsmessungen > Lufthygienische Berichte > Jahreskurzbericht > 2022
https://www.lfu.bayern.de/luft/immissionsmessungen/lufthygienische_berichte/doc/jahreskurzberichte/jk22.pdf
- [2] Bayerisches Landesamt für Umwelt:
Startseite > Themen > Luft > Luftreinhaltung > Lufthygienisches Landesüberwachungssystem Bayern – LÜB > Messwertarchiv
<https://www.lfu.bayern.de/luft/immissionsmessungen/messwertarchiv/index.htm>
- [3] Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen – 39. BImSchV) vom 2. August 2010.
BGBl. I (2010) 40, S. 1065–1104.
Zuletzt geändert durch Artikel 122 der Elften Zuständigkeitsanpassungsverordnung vom 19. Juni 2020.
BGBl. I (2020) 29, S. 1328–1370
- [4] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013.
BGBl. I (2013) 25, S. 1274–1311.
Zuletzt geändert durch Artikel 10 des Gesetzes zur Anpassung des Produktsicherheitsgesetzes und zur Neuordnung des Rechts der überwachungsbedürftigen Anlagen vom 27. Juli 2021.
BGBl. I (2021) 49, S. 3146–3175
- [5] RICHTLINIE 2008/50/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa.
ABl. L 152 vom 11.06.2008, S. 1–44
- [6] RICHTLINIE 2004/107/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 15. Dezember 2004 über Arsen, Kadmium, Quecksilber, Nickel und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe in der Luft.
ABl. L 23 vom 26.01.2005, S. 3–16
- [7] RICHTLINIE 2001/81/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 23. Oktober 2001 über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe.
ABl. L 309 vom 27.11.2001, S. 22–30
- [8] Bayerisches Immissionsschutzgesetz (BayImSchG) vom 10. Dezember 2019.
GVBl. (2019) 22, S. 686–690.
Zuletzt geändert durch § 1 des Gesetzes zur Änderung des Bayerischen Immissionsschutzgesetzes und weiterer Rechtsvorschriften vom 25. Mai 2021.
GVBl. (2021) 10, S. 286–287
- [9] Bayerisches Landesamt für Umwelt:
Startseite > Themen > Luft > Luftreinhaltung > Lufthygienisches Landesüberwachungssystem Bayern – LÜB
<https://www.lfu.bayern.de/luft/immissionsmessungen/index.htm>
- [10] Bayerisches Landesamt für Umwelt:
Startseite > Themen > Luft > Luftreinhaltung > Lufthygienisches Landesüberwachungssystem Bayern – LÜB > Weiterführende Informationen > Lufthygienisches Landesüberwachungssystem Bayern (LÜB) – PDF.
<https://www.lfu.bayern.de/luft/immissionsmessungen/doc/lueb.pdf>

- [11] Bayerisches Landesamt für Umwelt:
Startseite > Themen > Analytik und Stoffe > Umweltüberwachung > Analytische Qualitätssicherung > Übersicht akkreditierter Parameter.
https://www.lfu.bayern.de/analytik_stoffe/umweltueberwachung/aufgaben_organisation/analytische_qualitaetsicherung/doc/akkred_parameter.pdf
- [12] VDI 4320 Blatt 2. Messung atmosphärischer Depositionen – Bestimmung des Staubniederschlags nach der Bergerhoff-Methode.
Beuth-Verlag, Januar 2012
- [13] Bayerisches Landesamt für Umwelt:
Startseite > Themen > Luft > Luftreinhaltung > Lufthygienisches Landesüberwachungssystem Bayern – LÜB > Auswertungen > Weitere Auswertungen > Windrosen > 2022.
https://www.lfu.bayern.de/luft/immissionsmessungen/auswertungen/weitere/doc/windrosen_2022.pdf
- [14] DIN EN 14626. Außenluft – Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Kohlenmonoxid mit nicht-dispersiver Infrarot-Photometrie.
Beuth-Verlag, Berlin, Dezember 2012
- [15] DIN EN 14211. Außenluft - Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Stickstoffdioxid und Stickstoffmonoxid mit Chemilumineszenz.
Beuth-Verlag, Berlin, November 2012
- [16] DIN EN 14625. Außenluft - Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Ozon mit Ultraviolett-Photometrie.
Beuth-Verlag, Berlin, Dezember 2012
- [17] DIN EN 14662-3. Außenluft - Referenzverfahren zur Bestimmung von Benzolkonzentrationen - Teil 3: Automatische Probenahme mit einer Pumpe und gaschromatographische In-situ-Bestimmung.
Beuth-Verlag, Berlin, Februar 2016
- [18] DIN EN 16450. Außenluft - Automatische Messeinrichtungen zur Bestimmung der Staubkonzentration (PM₁₀; PM_{2,5}).
Beuth-Verlag, Berlin, Juli 2017
- [19] DIN EN 14902. Außenluftbeschaffenheit – Standardisierte Verfahren zur Bestimmung von Pb/Cd/As/Ni als Bestandteil der PM₁₀-Fraktion des Schwebstaubes.
Beuth-Verlag, Berlin, Oktober 2005
- [20] DIN EN 14902. Berichtigung 1: Außenluftbeschaffenheit – Standardisierte Verfahren zur Bestimmung von Pb/Cd/As/Ni als Bestandteil der PM₁₀-Fraktion des Schwebstaubes.
Beuth-Verlag, Berlin, Januar 2007
- [21] DIN EN 15549. Luftbeschaffenheit – Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Benzo[a]pyren in Luft.
Beuth-Verlag, Berlin, Januar 2008
- [22] Bayerisches Landesamt für Umwelt:
Startseite > Themen > Luft > Luftreinhaltung > Lufthygienisches Landesüberwachungssystem Bayern – LÜB > Aktuelle Messwerte
<https://www.lfu.bayern.de/luft/immissionsmessungen/messwerte/index.htm>
- [23] Bayerisches Landesamt für Umwelt: Startseite > Themen > Luft > Luftreinhaltung > Lufthygienisches Landesüberwachungssystem Bayern – LÜB > Weiterführende Informationen > Bekanntgabe von Luftmesswerten – PDF.
<https://www.lfu.bayern.de/luft/immissionsmessungen/doc/messwertbekanntgabe.pdf>
- [24] Umweltbundesamt: Startseite > Daten > Luftdaten
<https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/luftdaten/>

-
- [25] Europäische Umweltagentur: Startseite > Topics > Air pollution > Maps and charts > Up-to-date air quality data
<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/explore-interactive-maps/up-to-date-air-quality-data>
- [26] Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft 2021 – TA Luft 2021) vom 18. August 2021. GMBI. (2021) 48–54, S. 1050
- [27] VDI 2310 Blatt 12. Maximale Immissions-Werte zum Schutz des Menschen – Maximale Immissions-Konzentrationen für Stickstoffdioxid.
Beuth-Verlag, Berlin, Dezember 2004
- [28] VDI 2310 Blatt 15. Maximale Immissions-Werte zum Schutz des Menschen – Maximale Immissions-Konzentrationen für Ozon.
Beuth-Verlag, Berlin, Dezember 2001
- [29] World Health Organization, WHO European Centre for Environment & Health
WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. 2021
- [30] VDI 3956 Blatt 3. Ermittlung von Maximalen Immissions-Werten für Böden – Maximale Immissions-Raten (MIR) – Ableitung niederschlagsbegrenzender Werte für Nickel.
Beuth-Verlag, Berlin, August 2005
- [31] World Health Organization (2000), Air Quality Guidelines - Second Edition. In: 14 Toluene. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, Kapitel 5
- [32] DIN EN 14662-4: Luftbeschaffenheit – Standardverfahren zur Bestimmung von Benzolkonzentrationen – Teil 4: Diffusionsprobenahme mit anschließender Thermodesorption und Gaschromatographie.
Beuth-Verlag, Berlin, August 2005
- [33] Deutscher Wetterdienst:
Startseite > Forschung > Atmosphärenbeobachtung / Zusammensetzung der Atmosphäre / Aerosol / Saharastaub.
https://www.dwd.de/DE/forschung/atmosphaerenbeob/zusammensetzung_atmosphaere/aerosol/inh_nav/saharastaub_node.html
- [34] GAW Brief des DWD: Saharastaub und Radioaktivität
Nr. 83, Juli 2023
https://www.dwd.de/DE/forschung/atmosphaerenbeob/zusammensetzung_atmosphaere/hohenp-eissenberg/inh_nav/gaw_briefe_neu.html
- [35] Bayerisches Landesamt für Umwelt:
Startseite > Themen > Luft > Luftreinhaltung > Lufthygienisches Landesüberwachungssystem Bayern – LÜB > Weiterführende Informationen > Faktenblatt Ozon – PDF.
<https://www.lfu.bayern.de/luft/doc/ozoninfo.pdf>
- [36] Bayerisches Landesamt für Umwelt:
Startseite > Themen > Luft > Luftreinhaltung > Lufthygienisches Landesüberwachungssystem Bayern – LÜB > Auswertungen > Weitere Auswertungen > BTX-Passivsammler > 2022.
https://www.lfu.bayern.de/luft/immissionsmessungen/auswertungen/weitere/doc/pm10_inhaltsstoffe_2022.pdf
- [37] Bayerisches Landesamt für Umwelt:
Startseite > Themen > Luft > Luftreinhaltung > Lufthygienisches Landesüberwachungssystem Bayern – LÜB > Auswertungen > Weitere Auswertungen > PM₁₀-Inhaltsstoffe > 2022
https://www.lfu.bayern.de/luft/immissionsmessungen/auswertungen/weitere/doc/pm10_inhaltsstoffe_2022.pdf

- [38] Bayerisches Landesamt für Umwelt:
Startseite > Themen > Luft > Luftreinhalteung > Lufthygienisches Landesüberwachungssystem
Bayern – LÜB > Auswertungen > Langzeitverläufe
<https://www.lfu.bayern.de/luft/immissionsmessungen/auswertungen/langzeitverlaeufe/index.htm>
- [39] Bayerisches Landesamt für Umwelt:
Startseite > Themen > Luft > Luftreinhalteung > Lufthygienisches Landesüberwachungssystem
Bayern – LÜB > Auswertungen > Staubniederschlag und Inhaltsstoffe > 2022.
- [40] Bayerisches Landesamt für Umwelt:
Startseite > Themen > Luft > Luftreinhalteung > Lufthygienisches Landesüberwachungssystem
Bayern – LÜB > Lufthygienische Berichte > Lufthygienische Jahresberichte > 2020
https://www.bestellen.bayern.de/shoplink/ifu_luft_00211.htm



Eine Behörde im Geschäftsbereich
Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt und Verbraucherschutz

