



Lufthygienischer Jahresbericht 2018



Luft



Lufthygienischer Jahresbericht 2018

Impressum

Lufthygienischer Jahresbericht 2018

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, Referat 24

Stand:

September 2019 (April 2021: berichtigte Version, siehe Abschnitt 5.2.1)

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 122220 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 der 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	Immissions-, Grenz-, Richt-, Leit-, Schwellen- und Zielwerte für Luftverunreinigungen	13
2.5	Allgemeine Informationen zur Messwertangabe und Ergebnisdarstellung	13
3	Ergebnisse der Immissionsmessungen 2018	19
3.1	Tabellarische Gesamtübersichten	19
3.2	Einzelergebnisse	22
3.2.1	Stickstoffmonoxid	22
3.2.2	Stickstoffdioxid	24
3.2.3	Feinstaub (PM ₁₀ und PM _{2,5})	26
3.2.4	Ozon	30
3.2.5	Kohlenmonoxid	36
3.2.6	Benzol	37
3.2.7	Blei, Arsen, Cadmium und Nickel im Feinstaub-PM ₁₀	37
3.2.8	Benzo[a]pyren im Feinstaub-PM ₁₀	37
3.3	Weitere Auswertungen im Internet	37
4	Trendanalysen	38
4.1	Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid	38
4.2	Feinstaub (PM ₁₀ und PM _{2,5})	39
4.3	Ozon	41
4.4	Kohlenmonoxid und Schwefeldioxid	41
5	Ergebnisse der Staubniederschlagsmessung	42
5.1	Erläuterung	42
5.1.1	Allgemeines	42
5.1.2	Analytik der Inhaltsstoffe	42
5.1.3	Wiederfindungsraten	42
5.1.4	Quelle der Inhaltsstoffe, Ausreißer	43

5.1.5	Bestimmungsgrenzen	43
5.2	Messergebnisse	44
5.2.1	Gesamtstaubniederschlag	44
5.2.2	Inhaltsstoffe im Staubniederschlag	45
6	Externe Messungen: Stadt Nürnberg	48
7	Tabellenverzeichnis	49
8	Abbildungsverzeichnis	50
9	Literaturverzeichnis	51

1 Einführung

Der ausführliche Lufthygienische Jahresbericht ergänzt den Jahreskurzbericht, der im Anschluss an die abschließende Plausibilitätsprüfung der Messergebnisse des Vorjahres erstellt wird und über die kontinuierlichen Messergebnisse aus dem Vorjahr informiert.

Im vorliegenden Bericht werden sämtliche Auswertungen des Bayerischen Landesamts für Umwelt (LfU) zur Überwachung der Luftqualität im Freistaat Bayern dargestellt. Die den Auswertungen zugrunde liegenden Messergebnisse sind im Internet [1] für jeden zugänglich.

Im Jahresbericht wird zunächst auf die gesetzlichen Grundlagen eingegangen. Hier bildet die 39. BImSchV [2] die einschlägige Grundlage zur Konfiguration des Messnetzes und zur Beurteilung der Luftqualität anhand vorgegebener Schadstoffe. Anschließend wird in tabellarischer Form über Lage, Inbetriebnahme, Belastungsniveau und Messgerätebestückung der einzelnen LÜB-Messstationen informiert. Neben der grundlegenden Berichterstattung über die geforderten Mittelwerte (bezogen in der Regel auf ein Kalenderjahr, einen Tag oder eine Stunde) eines Kalenderjahres anhand vorgegebener Schwellenwerte (z. B. Grenzwerte, Zielwerte) wird die Luftqualität für ausgewählte Stoffe anhand von Trendanalysen über zehn Jahre bewertet. Dadurch wird die zeitliche Entwicklung der Luftqualität an den Messstationen und auch für unterschiedliche Belastungsniveaus bzw. Messstationstypen (z. B. Verkehrs- oder Hintergrundmessstationen) beleuchtet.

Neben den gesetzlich begründeten kontinuierlichen Immissionsmessungen und diskontinuierlichen Passivsammlermessungen der Konzentration von Luftschadstoffen führt das LfU Messungen der Gesamtstaubdeposition durch. Der gesammelte Staub wird zusätzlich auf den Gehalt an einer breiten Palette an Metallen untersucht.

Abschließend werden im Bericht die Ergebnisse der drei Messstationen der Stadt Nürnberg mitgeteilt, die die Stadt Nürnberg unabhängig von den fünf LÜB-Messstationen des LfU im Ballungsraum Nürnberg/Fürth/Erlangen betreibt.

2 Grundlagen der 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) [3] enthält in § 44 „Überwachung der Luftqualität“ das gesetzliche Instrumentarium zur Immissionsüberwachung.

Die Kriterien für die Lage der Probenahmestellen für Messungen von Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxiden, Feinstaub (PM₁₀ und PM_{2,5})¹, 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 Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen (39. BImSchV [2]), mit der die Luftqualitätsrichtlinien 2008/50/EG [4], 2004/107/EG [5] und 2001/81/EG [6] in deutsches Recht umgesetzt wurden, festgelegt. Gemäß dieser Richtlinie sollen die Immissionsmessungen unter anderem für das Gebiet repräsentativ sein und in Bereichen liegen, in denen die höchsten Kon-

¹ PM₁₀ und PM_{2,5}: Partikel mit aerodynamischem Durchmesser < 10 µm bzw. < 2,5 µm

zentrationen 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 Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU) betreibt aufgrund Art. 6 des Bayerischen Immissionsschutzgesetzes [7] das vollautomatische Lufthygienische Landesüberwachungssystem Bayern (LÜB) [8, 9] mit 54 LÜB-Messstationen im Jahr 2018 (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 ist durch die 39. Bundes-Immissionsschutzverordnung (BImSchV) [2] vorgegeben. Grundlagen für Lage und Anzahl der Messstationen sind vorwiegend die Bevölkerungsanzahl sowie die Höhe der Schadstoffbelastung in den festgelegten Gebieten und Ballungsräumen. In Bayern sind dies München, Augsburg und Nürnberg/Fürth/Erlangen als Ballungsräume und die sieben Regierungsbezirke (jeweils ohne Ballungsraum) als Gebiete. Die Kontrolle der Luftqualität erfolgt für jede dieser voneinander abgegrenzten Flächen separat. Hierfür sind innerhalb 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 Anzahl ortsfester Messstationen ist nach oben aufgrund des damit verbundenen hohen Aufwands (Personal und Kosten) begrenzt, so dass nur die erforderliche Mindestanzahl an Messstationen für eine richtlinienkonforme Erfassung der Luftqualität vorgehalten werden kann. Dafür ist mit diesen kontinuierlichen ortsfesten Messungen eine sehr gute und damit verlässliche Datenqualität gegeben. Durch das Konzept zur Errichtung der Messstationen stehen die Messergebnisse einer Messstation stellvertretend für Bereiche innerhalb des gleichen Gebiets bzw. Ballungsraums mit gleicher Belastungskategorie (verkehrsnahe, städtisch/vorstädtisch und ländlich), so dass Aussagen über große Flächen möglich sind. Ergänzend durch Sondermessungen (mit mobilen Messeinrichtungen) und Ausbreitungsrechnungen lassen sich darüber hinaus Aussagen zu den Immissionen an Stellen Bayerns ableiten, die aufgrund der ortsfesten Messungen hinsichtlich der Einhaltung von Grenzwerten nicht mit ausreichender Sicherheit beurteilt werden können. Insgesamt kann so die Schadstoffbelastung EU-konform und repräsentativ für das gesamte Gebiet des Freistaats Bayern ermittelt werden. Damit entspricht das Lufthygienische Landesüberwachungssystem Bayern (LÜB) mit derzeit 54 Messstationen den gesetzlichen Anforderungen.

Die Messgerätebestückung orientiert sich an der jeweiligen Standortcharakteristik. Das Spektrum der gemessenen Komponenten umfasst die Schadstoffe Stickstoffmonoxid, Stickstoffdioxid, Ozon und Feinstaub (PM₁₀ und PM_{2,5}); des Weiteren Benzol, Toluol und Xylol (BTX) sowie Arsen, Blei, Cadmium, Nickel und Benzo[a]pyren im Feinstaub-PM₁₀.

Neben den Luftschadstoffmessungen werden die meteorologischen Einflussgrößen Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Lufttemperatur, Luftdruck, Luftfeuchte und Globalstrahlung gemessen. Informationen zum Standort der LÜB-Messstationen sowie deren Klassifizierungen im Messkonzept [8] sind in Tab. 1 aufgeführt. Die Tab. 2 enthält Informationen zum Umfang der je Messstation erfassten Luftschadstoffe und meteorologischen Parameter. Die Tab. 3 liefert Informationen zu den eingesetzten Messgeräten und Messverfahren.



Abb. 1: Karte mit den Messstationen des Lufthygienischen Landesüberwachungssystems Bayern (LÜB)

Tab. 1: Übersicht der bayerischen Luftmessstationen

Gebiet	Gemeinde	Stationscode	Stationstyp	Höhe über NN (m)	Messbeginn	Rechtswert	Hochwert
BA M	München / Landshuter Allee	L14.4	ST VK	521	2004	4465620	5334724
BA M	München / Stachus	L8.1	ST VK	521	1978	4467726	5333338
BA M	München / Lothstraße	L8.3	ST HG	521	1991	4466974	5335264
BA M	München / Allach	L8.13	STV HG	510	2014	4460283	5338327
BA M	München / Johanneskirchen	L8.12	STV HG	513	1993	4473930	5337303
OB	Ingolstadt / Rechbergstraße	L1.1	ST VK	374	1975	4458116	5403703
OB	Oberaudorf / Inntal-Autobahn	L14.8	LA-ST VK	469	2008	4514257	5278916
OB	Bad Reichenhall / Kirchholzstraße	L1.12	ST HG	469	2018	4566957	5288731
OB	Burghausen / Marktler Straße	L1.2	STV HG	420	1976	4561783	5338019
OB	Trostberg / Schwimmbadstraße	L1.14	STV HG	488	1992	4540252	5320534
OB	Vohburg a.d.Donau / Alter Wöhrer Weg	L1.8	STV HG	355	1978	4473525	5403356
OB	Garmisch-Partenkirchen / Wasserwerk	L1.18	LA-ST HG	732	2016	4429045	5260273
OB	Andechs / Rothenfeld	L1.16	LA-R HG	700	2003	4441878	5314805
OB	Mehring / Sportplatz	L1.15	LA-R HG	415	1977	4558213	5338611
NB	Kelheim / Regensburger Straße	L2.1	ST VK	348	1975	4491255	5419130
NB	Landshut / Podewilsstraße	L2.3	ST VK	390	1976	4511705	5378021
NB	Passau / Stelzhamerstraße	L2.12	ST HG	300	2005	4605045	5382748
NB	Regen / Bodenmaier Straße	L2.11	STV HG	545	1989	4582758	5426731
NB	Saal a.d.Donau / Auf dem Gries	L2.9	STV HG	340	1978	4496353	5418536
NB	Neustadt a.d.Donau / Eining	L2.6	LA-R HG	359	1977	4483802	5412885
OP	Regensburg / Rathaus	L3.1	ST VK	337	1975	4507536	5430886
OP	Weiden i.d.OPf. / Nikolaistraße	L3.3	ST HG	400	1980	4511608	5504708
OP	Schwandorf / Wackersdorfer Straße	L3.4	STV HG	380	1980	4509422	5464999
OP	Sulzbach-Rosenberg / Lohe	L3.8	STV HG	393	1999	4484626	5483478
OP	Tiefenbach / Altenschneeberg	L3.6	LA-R HG	755	1983	4539915	5478094
OF	Bayreuth / Hohenzollertring	L14.2	ST VK	337	2003	4469247	5534224
OF	Coburg / Lossaustraße	L4.7	ST VK	291	1987	4425898	5569907
OF	Bamberg / Löwenbrücke	L4.3	ST HG	231	1978	4420191	5529689
OF	Kulmbach / Konrad-Adenauer-Straße	L4.8	ST HG	303	1988	4460228	5552025
OF	Arzberg / Egerstraße	L4.5	STV HG	482	1980	4513615	5546895
OF	Hof / LfU	L4.1	STV HG	525	2011	4492805	5576073
OF	Naila / Selbitzer Berg	L4.6	LA-ST HG	534	1986	4480280	5576397

Abkürzungen:

LfU: Landesamt für Umwelt

Stationstyp/-klassifizierung:

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

Gebiet:

BA M: Ballungsraum München

OB: Regierungsbezirk Oberbayern

NB: Regierungsbezirk Niederbayern

OP: Regierungsbezirk Oberpfalz

OF: Regierungsbezirk Oberfranken

Tab. 1 (Forts.): Übersicht der bayerischen Luftmessstationen

Gebiet	Gemeinde	Stationscode	Stationstyp	Höhe über NN (m)	Messbeginn	Rechtswert	Hochwert
BA N/F/E	Fürth / Theresienstraße	L5.5	ST VK	293	1975	4426521	5482197
BA N/F/E	Nürnberg / Bahnhof	L5.1	ST VK	307	1975	4434004	5479176
BA N/F/E	Nürnberg / Von-der-Tann-Straße	L14.7	ST VK	308	2006	4430200	5478619
BA N/F/E	Nürnberg / Muggenhof	L5.10	ST HG	300	1978	4429420	5481096
BA N/F/E	Erlangen / Kraepelinstraße	L5.14	STV HG	284	2004	4425191	5497088
MF	Ansbach / Residenzstraße	L5.12	ST VK	400	1989	4396280	5464073
MF	Schwabach / Angerstraße	L5.16	ST HG	344	2012	4429439	5465532
MF	Burgbernheim / Grüne Au	L5.15	LA-R HG	362	2012	4378637	5479919
UF	Würzburg / Stadtring Süd	L14.5	ST VK	198	2005	4352328	5519127
UF	Schweinfurt / Obertor	L6.3	ST HG	231	1976	4373484	5547285
UF	Aschaffenburg / Bussardweg	L6.6	STV HG	134	1978	4293455	5543443
UF	Kleinwallstadt / Hofstetter Straße	L6.7	STV HG	124	1978	4296783	5529718
UF	Würzburg / Kopfklinik	L6.5	STV HG	226	1975	4353003	5520685
BA A	Augsburg / Karlstraße	L14.1	ST VK	485	2003	4418329	5359742
BA A	Augsburg / Königsplatz	L7.1	ST VK	492	1975	4418232	5359115
BA A	Augsburg / Bourges-Platz	L7.6	ST HG	477	1986	4417758	5360455
BA A	Augsburg / LfU	L7.8	STV HG	495	2000	4418765	5354817
S	Lindau (Bodensee) / Friedrichshafener Str.	L7.4	ST VK	403	1978	4326173	5271371
S	Neu-Ulm / Gabelsbergerstraße	L7.5	ST HG	470	1978	4352623	5364055
S	Kempten (Allgäu) / Westendstraße	L7.3	STV HG	678	1976	4373066	5288813
S	Oettingen / Goethestraße	L7.10	STV HG	417	2012	4397403	5424815
S	Bad Hindelang / Oberjoch	L7.9	LA-R HG	1169	2010	4379920	5265629

Abkürzungen:

LfU: Landesamt für Umwelt

Stationstyp/-klassifizierung:

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

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

Gebiet	Gemeinde	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	X	P	B					
BA M	München / Stachus	ST VK	X	X	X	X	X	P	B		M	M		
BA M	München / Lothstraße	ST HG	X	X	X	X		P		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 / Rechbergstraße	ST VK	X	X	X		X	P		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		P		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			P	B	üD	M	M		M
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 / Auf dem Gries	STV HG			X	X			B					
NB	Neustadt a.d.Donau / Eining	LA-R HG		X	X	X					M	M	M	M
OP	Regensburg / Rathaus	ST VK	X		X		X	P	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			P	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 / Selbitzer Berg	LA-ST HG				X			B	S	M	M	M	M

Abkürzungen:

LfU: Landesamt für Umwelt;

Stationstyp/-klassifizierung:

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

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 [10])

Bestückung Meteorologie: siehe Folgeseite

Tab. 2 (Forts.): Bestückungsliste der Luftmessstationen

Gebiet	Gemeinde	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	P			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	P			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	P						
BA A	Augsburg / Königsplatz	ST VK	X		X		X	K	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	K	B	üD	M	M	M	M
S	Lindau (Bodensee) / Friedrichshaf. Str.	ST VK	X	X	X		X		B	S	M	M		
S	Neu-Ulm / Gabelsbergerstraße	ST HG	X	X	X	X		P		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:

LfU: Landesamt für Umwelt;

Stationstyp/-klassifizierung:

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

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, K: neben Passivsammlermessung auch kontinuierlich; B: Depositionsmessung (Bergerhoff-Verfahren [10])

Bestückung Meteorologie:

üD: Messung von Windgeschwindigkeit und -richtung mit Windmast auf Gebäudedach

S: Messung von Windgeschwindigkeit und -richtung mit Windmast an Messstation

1: Windmessung erfolgt nahe des früheren Stationsstandorts (GK-4: 4508050/5465550) auf Gebäudedach

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

3: Winderfassung erfolgt nahe des Standorts der ehemaligen LÜB-Messstation Aschaffenburg/Schweinheimer Straße (für weitere Informationen zu den Windmessungen siehe [11])

M: meteorologische Messung außer Wind

Tab. 3: Eingesetzte Messgeräte im Luftmessnetz

Messkomponente	Messprinzip	Messbereich	Nachweisgrenze	Hersteller	Typ
Schwefelwasserstoff (H ₂ S)	UV-Fluoreszenz	0 ... 0,76 mg/m ³	1 µg/m ³	MLU	Modell 101A
Kohlenmonoxid (CO)	IR-Absorption	0 ... 58 mg/m ³	0,1 mg/m ³	HORIBA	APMA-360
Stickstoffmonoxid (NO)	Chemilumineszenz	0 ... 1,25 mg/m ³	0,7 µg/m ³	HORIBA	APNA-370
Stickstoffdioxid (NO ₂)	Chemilumineszenz	0 ... 1,91 mg/m ³	1 µg/m ³	HORIBA	APNA-370
Ozon (O ₃)	UV-Absorption	0 ... 1,0 mg/m ³	1 µg/m ³	HORIBA	APOA-370
	UV-Absorption	0 ... 1,0 mg/m ³	3 µg/m ³	MLU	Modell 400
Einzelkohlenwasserstoffe	Thermodesorption mit Kapillar-gaschromatographie	0 ... 0,10 mg/m ³	0,1 µg/m ³	Siemens	U 102 BTX
Benzol		0 ... 0,30 mg/m ³	0,1 µg/m ³		
Toluol		0 ... 0,10 mg/m ³	0,1 µg/m ³		
o-Xylol					
Feinstaub-PM ₁₀	β-Absorption	0 ... 1,0 mg/m ³	3 µg/m ³	ESM-Andersen	FH 62 I-R
und Feinstaub-PM _{2,5}	β-Absorption mit Nephelometer	0 ... 1,0 mg/m ³	0,5 µg/m ³	Thermo Scientific	Sharp Modell 5030
Feinstaub-PM ₁₀	Gravimetrie: Low Volume Sampler		5 µg/m ³	Leckel	SEQ47/50
Windrichtung	Windfahne	0 ... 360 Grad			4.3324.21.000
Windgeschwindigkeit	Schalenkreuz	0,5 ... 35 m/s			
Lufttemperatur	Platinwiderstand	- 30 ... + 50 °C		Thies	1.1005.51.015
Luftfeuchte	Haarhygrometer	10 ... 100 %			
Luftdruck	Dosenbarometer	950 ... 1050 hPa			3.1150.10.015
Globalstrahlung	Thermospannung	0 ... 2000 W/m ²		Kipp & Zonen	UM 5

Die Bestimmung von Blei, Arsen, Cadmium und Nickel als Bestandteil in der PM₁₀-Fraktion erfolgt gemäß DIN EN 14902 [12, 13] nach Mikrowellendruckaufschluss mit einem oxidierenden Säuregemisch mit ICP-MS mit folgenden Bestimmungsgrenzen:

Blei (Pb): 0,4 ng/m³
 Arsen (As): 0,05 ng/m³
 Cadmium (Cd): 0,05 ng/m³
 Nickel (Ni): 1 ng/m³

Die Bestimmung von Benzo[a]pyren im Feinstaub (Bestimmungsgrenze 0,02 ng/m³) erfolgt gemäß DIN EN 15549 [14].

2.3 Veröffentlichung der Immissionsdaten

Die bei der kontinuierlichen lufthygienischen Überwachung ermittelten Messdaten werden als lufthygienische Jahres- und Jahreskurzberichte veröffentlicht. Darüber hinaus sind von sämtlichen LÜB-Messstationen die Daten der wesentlichen Komponenten im Internet [8] zugänglich.

Die Daten werden stündlich zwischen 6.00 Uhr und 21.00 Uhr aktualisiert. Nähere Informationen zur Veröffentlichung der Immissionsdaten gibt das LfU-Informationsblatt zur Messwertbekanntgabe [15].

Die Daten werden zudem stündlich an das Umweltbundesamt weitergeleitet, das eine eigene Plattform zur Veröffentlichung der Messergebnisse aller Bundesländer betreibt und die aktuellen Werte an

die EU übermittelt. Zusammenfassend werden die aktuellen Messwerte also primär vom Bayerischen Landesamt für Umwelt und darüber hinaus vom Umweltbundesamt und der EU veröffentlicht. Über die Art und Weise der Veröffentlichung ist jeder Messnetzbetreiber selbst verantwortlich.

2.4 Immissions-, Grenz-, Richt-, Leit-, Schwellen- und Zielwerte für Luftverunreinigungen

Die Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen (39. BImSchV) [2] legt Luftqualitätswerte in Form von Grenzwerten für Feinstaub (PM_{10} und $PM_{2,5}$), Stickstoffoxide, Stickstoffdioxid, Kohlenmonoxid, Schwefeldioxid, Blei und Benzol und zum Teil Alarmschwellen fest. Der Grenzwert für Feinstaub- $PM_{2,5}$ ist seit dem Jahr 2015 einzuhalten. Darüber hinaus sind in der 39. BImSchV [2] Zielwerte für Arsen, Cadmium, Nickel und Benzo[a]pyren als Gesamtgehalt in der PM_{10} -Fraktion enthalten, die seit 01.01.2013 nach Möglichkeit einzuhalten sind. Des Weiteren sind Zielwerte sowie Informations- und Alarmschwellen für Ozon festgelegt. Diese Zielwerte sind soweit wie möglich seit 2010 einzuhalten. Die Tab. 4 zeigt eine Übersicht der in der 39. BImSchV [2] enthaltenen Grenz- und Zielwerte und Alarmschwellen sowie den Zeitpunkt, ab dem diese Werte einzuhalten sind. Die hier aufgeführten Werte bilden die Grundlage für die Luftqualitätsbeurteilung in der Europäischen Union.

Weitere Immissionswerte sind sowohl für gasförmige Schadstoffe als auch für Staubbiederschlag inklusive verschiedener Inhaltsstoffe im Staubbiederschlag in der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft) [16] enthalten. Diese Werte sind im Rahmen von immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahren von Bedeutung.

Darüber hinaus sind in der Richtlinienreihe VDI 2310 [17, 18] maximale Immissions-Konzentrationen (MIK) zum Schutz des Menschen vor verschiedenen Schadstoffkomponenten über verschiedene Einwirkungszeiträume (in der Regel $\frac{1}{2}$ bzw. 24 Stunden) angegeben. Weitere Leitwerte finden sich in der Luftqualitätsrichtlinie der WHO [19, S. 32f].

Eine Zusammenstellung der einzelnen Immissions-, Grenz-, Richt-, Leit-, Schwellen- und Zielwerte für die im vorliegenden Bericht aufgeführten Schadstoffkomponenten geben die Tab. 4 und Tab. 5.

2.5 Allgemeine Informationen zur Messwertangabe 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 % erforderlich (45 min). Es müssen also beide Halbstundenwerte der vollen Stunde vorliegen. Bei Feinstaub- PM_{10} erfolgte die Messwertangabe vor dem Jahr 2005 auf Basis von Dreistundenmittelwerten.

Sofern Feinstaub (PM_{10} und $PM_{2,5}$) gravimetrisch erfasst wird, liegen zur weiteren Aggregation als kleinste zeitlich verfügbare Auflösung nur Tagesmittelwerte vor.

Die Werte der gasförmigen Komponenten beziehen sich entsprechend den Vorgaben der EU-Richtlinien [4,5] bzw. der 39. BImSchV [2] auf eine Temperatur von 20 °C und einen Druck von 1013 hPa.

Die Angaben für Feinstaub (PM_{10} und $PM_{2,5}$) gelten für Umgebungsbedingungen.

Tab. 4: Grenzwerte (GW), Alarmschwellen und Zielwerte (ZW) der 39. BImSchV [2]

Komponente	Art des Wertes	Mittelungszeitraum	Wert	zulässige Anzahl von Überschreitungen	Zeitpunkt, ab dem der GW/ZW einzuhalten ist
Schwefeldioxid (SO ₂)	GW zum Schutz der menschlichen Gesundheit	1 Stunde	350 µg/m ³	24 mal im Kalenderjahr	1. Jan. 2005
	GW zum Schutz der menschlichen Gesundheit	24 Stunden	125 µg/m ³	3 mal im Kalenderjahr	1. Jan. 2005
	Kritischer Wert zum Schutz der Vegetation	Kalenderjahr und Winter (1.10. – 31.3.)	20 µg/m ³	—	18. Sep. 2002
	Alarmschwelle	1 Stunde ¹⁾	500 µg/m ³	—	18. Sep. 2002
Stickstoffdioxid (NO ₂)	GW zum Schutz der menschlichen Gesundheit	1 Stunde	200 µg/m ³	18 mal im Kalenderjahr	1. Jan. 2010
	GW zum Schutz der menschlichen Gesundheit	Kalenderjahr	40 µg/m ³	—	1. Jan. 2010
	Alarmschwelle	1 Stunde ¹⁾	400 µg/m ³	—	18. Sep. 2002
Stickstoffoxide (NO _x)	Kritischer Wert für den Schutz der Vegetation	Kalenderjahr	30 µg/m ³	—	18. Sep. 2002
Feinstaub-PM ₁₀	GW zum Schutz der menschlichen Gesundheit	24 Stunden	50 µg/m ³	35 mal im Kalenderjahr	1. Jan. 2005
	GW zum Schutz der menschlichen Gesundheit	Kalenderjahr	40 µg/m ³	—	1. Jan. 2005
Feinstaub-PM _{2,5}	GW zum Schutz der menschlichen Gesundheit	Kalenderjahr	25 µg/m ³	—	1. Jan. 2015
Benzol	GW zum Schutz der menschlichen Gesundheit	Kalenderjahr	5 µg/m ³	—	1. Jan. 2010
Kohlenmonoxid (CO)	GW zum Schutz der menschlichen Gesundheit	8 Stunden ²⁾	10 mg/m ³	—	1. Jan. 2005
Blei (Pb)	GW zum Schutz der menschlichen Gesundheit	Kalenderjahr	0,5 µg/m ³	—	1. Jan. 2005
Arsen	ZW zum Schutz der menschlichen Gesundheit und Umwelt insgesamt	Kalenderjahr	6 ng/m ³	—	1. Jan. 2013
Cadmium	ZW zum Schutz der menschlichen Gesundheit und Umwelt insgesamt	Kalenderjahr	5 ng/m ³	—	1. Jan. 2013
Nickel	ZW zum Schutz der menschlichen Gesundheit und Umwelt insgesamt	Kalenderjahr	20 ng/m ³	—	1. Jan. 2013
Benzo[a]pyren	ZW zum Schutz der menschlichen Gesundheit und Umwelt insgesamt	Kalenderjahr	1 ng/m ³	—	1. Jan. 2013
Ozon (O ₃)	ZW zum Schutz der menschlichen Gesundheit	8 Stunden ²⁾	120 µg/m ³	25 Tage pro Kalenderjahr ³⁾	1. Jan. 2010
	ZW zum Schutz der Vegetation	AOT40 ⁴⁾	18000 µg/m ³ × h	—	1. Jan. 2010
	Langfristiger ZW zum Schutz der Vegetation	AOT40 ⁴⁾	6000 µg/m ³ × h	—	1. Jan. 2020
	Informationsschwelle	1 Stunde	180 µg/m ³	—	21. Jul. 2004
	Alarmschwelle	1 Stunde	240 µg/m ³	—	21. Jul. 2004

¹⁾ gemessen an drei aufeinander folgenden Stunden

²⁾ höchster 8-Stunden-Mittelwert eines Tages

³⁾ gemittelt über drei Jahre

⁴⁾ „Average over a Threshold of 40 ppb“ 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, gemittelt über fünf Jahre

Tab. 5: Immissions-, Richt-, Leit-, Schwellen- und Zielwerte

Schwefeldioxid	Wert	Zeitbezug	Kategorie	Schutzobjekt
39. BImSchV [2]	350 µg/m ³ (24 Überschreitungen im Kalenderjahr zulässig)	1-h-Mittelwert	Grenzwert	Menschliche Gesundheit
	125 µg/m ³ (3 Überschreitungen im Kalenderjahr zulässig)	24-h-Mittelwert	Grenzwert	menschliche Gesundheit
	20 µg/m ³ ¹⁾	Kalenderjahr und Winter (1.10. – 31.3.)	kritischer Wert	Vegetation
	500 µg/m ³ ²⁾	1-h-Mittelwert	Alarmschwelle	menschliche Gesundheit
TA Luft ³⁾ [16]	350 µg/m ³ (24 Überschreitungen im Kalenderjahr zulässig)	1-h-Mittelwert	Immissionswert	menschliche Gesundheit
	125 µg/m ³ (3 Überschreitungen im Kalenderjahr zulässig)	24-h-Mittelwert	Immissionswert	menschliche Gesundheit
	50 µg/m ³	Jahresmittelwert	Immissionswert	menschliche Gesundheit
	20 µg/m ³ ¹⁾	Kalenderjahr und Winter (1.10. – 31.3.)	Immissionswert	Ökosystem
WHO [19]	20 µg/m ³	24-h-Mittelwert	Leitwert	menschliche Gesundheit
	500 µg/m ³	10-min-Mittelwert	Leitwert	menschliche Gesundheit

¹⁾ für Beurteilungspunkte bzw. Probenahmestellen, die mehr als 20 km von Ballungsräumen oder 5 km von anderen bebauten Gebieten, Industrieanlagen oder Straßen (Nr. 4.6.2.6 Absatz 6 TA Luft) bzw. Autobahnen oder Hauptstraßen mit einem täglichen Verkehrsaufkommen von mehr als 50000 Fahrzeugen (Anlage 3 B.2. 39. BImSchV) entfernt sind

²⁾ gemessen an drei aufeinander folgenden Stunden

alle Werte nach TA Luft gelten nur für Anlagen nach § 3 Abs. 5 BImSchG [3]

Stickstoffdioxid	Wert	Zeitbezug	Kategorie	Schutzobjekt
39. BImSchV [2]	40 µg/m ³	Kalenderjahr	Grenzwert	menschliche Gesundheit
	200 µg/m ³ (18 Überschreitungen im Kalenderjahr zulässig)	1-h-Mittelwert	Grenzwert	menschliche Gesundheit
	400 µg/m ³ ¹⁾	1-h-Mittelwert	Alarmschwelle	menschliche Gesundheit
TA Luft [16]	40 µg/m ³	Jahresmittelwert	Immissionswert	menschliche Gesundheit
	200 µg/m ³ (18 Überschreitungen im Kalenderjahr zulässig)	1-h-Mittelwert	Immissionswert	menschliche Gesundheit
VDI 2310 Blatt 12 [17]	50 µg/m ³ ²⁾	24-h-Mittelwert	Richtwert	menschliche Gesundheit
	100 µg/m ³	½-h-Mittelwert	Richtwert	menschliche Gesundheit
	20 µg/m ³	Jahresmittelwert	Richtwert	menschliche Gesundheit
WHO [19]	40 µg/m ³	Jahresmittelwert	Leitwert	menschliche Gesundheit
	200 µg/m ³	1-h-Mittelwert	Leitwert	menschliche Gesundheit

¹⁾ gemessen an drei aufeinander folgenden Stunden

²⁾ für Wohngebiete

Tab. 5 (Forts.): Immissions-, Richt-, Leit-, Schwellen- und Zielwerte

Stickstoffoxide	Wert	Zeitbezug	Kategorie	Schutzobjekt
39. BImSchV [2]	30 µg/m ³ ¹⁾	Jahresmittelwert	kritischer Wert	Vegetation
TA Luft [16]	30 µg/m ³ ¹⁾	Jahresmittelwert	Immissionswert	Vegetation

¹⁾ für Beurteilungspunkte bzw. Probenahmestellen, die mehr als 20 km von Ballungsräumen oder 5 km von anderen bebauten Gebieten, Industrieanlagen oder Straßen (Nr. 4.6.2.6 Absatz 6 TA Luft) bzw. Autobahnen oder Hauptstraßen mit einem täglichen Verkehrsaufkommen von mehr als 50000 Fahrzeugen (Anlage 3 B.2. 39. BImSchV) entfernt sind

Kohlenmonoxid	Wert	Zeitbezug	Kategorie	Schutzobjekt
39. BImSchV [2]	10 mg/m ³	8-h-Mittelwert ¹⁾	Grenzwert seit 01.01.2005	menschliche Gesundheit
WHO [19]	10 mg/m ³	8-h-Mittelwert ¹⁾	Leitwert	menschliche Gesundheit
	30 mg/m ³	1-h-Mittelwert	Leitwert	menschliche Gesundheit
	60 mg/m ³	1/2-h-Mittelwert	Leitwert	menschliche Gesundheit

¹⁾ höchster 8-Stunden-Mittelwert eines Tages

Benzol	Wert	Zeitbezug	Kategorie	Schutzobjekt
39. BImSchV [2]	5 µg/m ³	Jahresmittelwert	Grenzwert seit 01.01.2010	menschliche Gesundheit
TA Luft [16]	5 µg/m ³	Jahresmittelwert	Immissionswert	menschliche Gesundheit

Toluol	Wert	Zeitbezug	Kategorie	Schutzobjekt
WHO [19]	0,26 mg/m ³	1-Wochen-Mittelwert	Leitwert	menschliche Gesundheit

PM ₁₀	Wert	Zeitbezug	Kategorie	Schutzobjekt
39. BImSchV [2]	50 µg/m ³ (35 Überschreitungen im Kalenderjahr zulässig)	24-h-Mittelwert	Grenzwert	menschliche Gesundheit
	40 µg/m ³	Kalenderjahr	Grenzwert	menschliche Gesundheit
TA Luft [16]	50 µg/m ³ (35 Überschreitungen im Kalenderjahr zulässig)	24-h-Mittelwert	Immissionswert	menschliche Gesundheit
	40 µg/m ³	Jahresmittelwert	Immissionswert	menschliche Gesundheit
WHO [19]	50 µg/m ³	24-h-Mittelwert	Leitwert	menschliche Gesundheit
	20 µg/m ³	Jahresmittelwert	Leitwert	menschliche Gesundheit

PM _{2,5}	Wert	Zeitbezug	Kategorie	Schutzobjekt
39. BImSchV [2]	25 µg/m ³ ¹⁾	Jahresmittelwert	Immissionswert seit 01.01.2015	menschliche Gesundheit
	25 µg/m ³	Jahresmittelwert	Zielwert	menschliche Gesundheit
WHO [19]	10 µg/m ³	Jahresmittelwert	Leitwert	menschliche Gesundheit
	25 µg/m ³	24-h-Mittelwert	Leitwert	menschliche Gesundheit

¹⁾ Toleranzmarge für den Immissionswert 5 µg/m³; sie hat sich seit dem 01.01.2009 jährlich um ein Siebentel vermindert bis auf den Wert 0 zum 01.01.2015

Tab. 5 (Forts.): Immissions-, Richt-, Leit-, Schwellen- und Zielwerte

Ozon	Wert	Zeitbezug	Kategorie	Schutzobjekt
39. BImSchV [2]	120 µg/m ³ (25 Tage pro Kalenderjahr)	8-h-Mittelwert ¹⁾	Zielwert	menschliche Gesundheit
	18000 µg/m ³ × h	AOT40 ²⁾	Zielwert	Vegetation
	120 µg/m ³	8-h-Mittelwert ¹⁾	langfristiger Zielwert ab 01.01.2020	menschliche Gesundheit
	6000 µg/m ³ × h	AOT40 ²⁾	langfristiger Zielwert ab 01.01.2020	Vegetation
	180 µg/m ³	1-h-Mittelwert	Informationsschwelle	menschliche Gesundheit
	240 µg/m ³	1-h-Mittelwert	Alarmschwelle	menschliche Gesundheit
VDI 2310 Blatt 15 [18]	120 µg/m ³	½-h-Mittelwert	Richtwert	menschliche Gesundheit
	100 µg/m ³	8-h-Mittelwert ¹⁾	Richtwert	menschliche Gesundheit
WHO [19]	100 µg/m ³	8-h-Mittelwert ¹⁾	Leitwert	menschliche Gesundheit

¹⁾ höchster 8-Stunden-Mittelwert eines Tages

²⁾ Summe der Differenzen zwischen Konzentrationen über 80 µg/m³ als 1-Stunden-Mittelwert und 80 µg/m³ zwischen 8 Uhr und 20 Uhr MEZ im Zeitraum von Mai bis Juli, gemittelt über 5 Jahre

Arsen als Gesamtgehalt in der PM ₁₀ -Fraktion	Wert	Zeitbezug	Kategorie	Schutzobjekt
39. BImSchV [2]	6 ng/m ³	Jahresmittelwert	Zielwert seit 01.01.2013	menschliche Gesundheit

Benzo[a]pyren als Gesamtgehalt in der PM ₁₀ -Fraktion	Wert	Zeitbezug	Kategorie	Schutzobjekt
39. BImSchV [2]	1 ng/m ³	Jahresmittelwert	Zielwert seit 01.01.2013	menschliche Gesundheit

Blei als Gesamtgehalt in der PM ₁₀ -Fraktion	Wert	Zeitbezug	Kategorie	Schutzobjekt
39. BImSchV [2]	0,5 µg/m ³	Jahresmittelwert	Grenzwert	menschliche Gesundheit
TA Luft [16]	0,5 µg/m ³	Jahresmittelwert	Immissionswert	menschliche Gesundheit
WHO [19]	0,5 µg/m ³	Jahresmittelwert	Leitwert	menschliche Gesundheit

Cadmium als Gesamtgehalt in der PM ₁₀ -Fraktion	Wert	Zeitbezug	Kategorie	Schutzobjekt
39. BImSchV [2]	5 ng/m ³	Jahresmittelwert	Zielwert seit 01.01.2013	menschliche Gesundheit

Nickel als Gesamtgehalt in der PM ₁₀ -Fraktion	Wert	Zeitbezug	Kategorie	Schutzobjekt
39. BImSchV [2]	20 ng/m ³	Jahresmittelwert	Zielwert seit 01.01.2013	menschliche Gesundheit

Tab. 5 (Forts.): Immissions-, Richt-, Leit-, Schwellen- und Zielwerte

Staubniederschlag	Wert	Zeitbezug	Kategorie	Schutzobjekt
TA Luft [16]	0,35 g/(m ² × d)	Jahresmittelwert	Immissionswert	Schutz vor erheblichen Belästigungen und Nachteilen
Arsen im Staubniederschlag	Wert	Zeitbezug	Kategorie	Schutzobjekt
TA Luft [16]	4 µg/(m ² × d)	Jahresmittelwert	Immissionswert	Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen
Blei im Staubniederschlag	Wert	Zeitbezug	Kategorie	Schutzobjekt
TA Luft [16]	100 µg/(m ² × d)	Jahresmittelwert	Immissionswert	Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen
Cadmium im Staubniederschlag	Wert	Zeitbezug	Kategorie	Schutzobjekt
TA Luft [16]	2 µg/(m ² × d)	Jahresmittelwert	Immissionswert	Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen
Nickel im Staubniederschlag	Wert	Zeitbezug	Kategorie	Schutzobjekt
TA Luft [16]	15 µg/(m ² × d)	Jahresmittelwert	Immissionswert	Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen
VDI 3956 Blatt 3 [20]	10 µg/(m ² × d)	Jahresmittelwert	Richtwert	Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen
Quecksilber im Staubniederschlag	Wert	Zeitbezug	Kategorie	Schutzobjekt
TA Luft [16]	1 µg/(m ² × d)	Jahresmittelwert	Immissionswert	Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen
Thallium im Staubniederschlag	Wert	Zeitbezug	Kategorie	Schutzobjekt
TA Luft [16]	2 µg/(m ² × d)	Jahresmittelwert	Immissionswert	Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen

3 Ergebnisse der Immissionsmessungen 2018

Im Folgenden werden die Ergebnisse der kontinuierlichen Immissionsmessungen des Jahres 2018 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 beschrieben. Für Schwefeldioxid besteht mittlerweile aufgrund des anhaltend sehr geringen Belastungsniveaus nach der 39. BImSchV [2] keine Messverpflichtung mehr. Deshalb wurden ab Beginn des Jahres 2018 die Messungen für Schwefeldioxid an den LÜB-Messstationen eingestellt. Wenn die Emissionen nicht mehr ansteigen, ist auch davon auszugehen, dass auf der Immissionsseite keine Zunahme erfolgt. Die nach den Kriterien der 39. BImSchV [2] ausgewerteten Messergebnisse sind in tabellarischer Form zusammengestellt. Bei Überschreitungen des jeweils gültigen Grenzwerts sind in Bayern von den Regierungen Luftreinhalte-/Aktionspläne zu erstellen. Auf Grund der Belastungssituation in den vergangenen Jahren wurden entsprechende Pläne bereits für die Ballungsräume München, Augsburg, 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. Nachdem die Luftreinhalteplanung kein abgeschlossener Prozess ist, wurden bzw. werden die bereits bestehenden Pläne von München, Augsburg, Nürnberg/Fürth/Erlangen, Regensburg, Würzburg, Ansbach, Passau und Lindau fortgeschrieben.

3.1 Tabellarische Gesamtübersichten

Auf den beiden Folgeseiten wird in einer umfangreichen tabellarischen Gesamtschau nach den Vorgaben der 39. BImSchV [2] – vergleiche Tab. 6 – über die Ergebnisse der Auswertungen für Stickstoffdioxid, Feinstaub (PM₁₀ und PM_{2,5}), Benzol, Kohlenmonoxid und Ozon informiert (Tab. 7).

In Tab. 8 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. 6: Kurzübersicht der Beurteilungskenngrößen mit Bezugszeiträumen, Einheiten und Paragraphen der 39. BImSchV [2] für Stickstoffdioxid (NO₂), Feinstaub (PM₁₀, PM_{2,5}), Benzol (BZL), Kohlenmonoxid (CO) und Ozon (O₃) zur Bewertung der Ergebnisse in

Kategorie	NO ₂	NO ₂	PM ₁₀	PM ₁₀	PM _{2,5}	BZL	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⁾	18000 ⁴⁾
Bezugszeitraum	Jahr	1 h	Jahr	24 h	Jahr	Jahr	8 h _{max}	8 h	1 h	1 h	AOT40
zul. ÜS pro Jahr	–	18	–	35	–	–	–	25	–	–	–
39. BImSchV [2]	§ 3	§ 3	§ 4	§ 4	§ 5	§ 7	§ 8	§ 9	§ 9	§ 9	§ 9

Erläuterungen:

zul. ÜS: zulässige Überschreitungen des 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 Folgeseiten

Tab. 7: Immissionskenngrößen für das Jahr 2018 – 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, bei CO Einheit in mg/m^3

Gebiet	Station	Typ	NO ₂ JMW	NO ₂ ÜS	PM ₁₀ JMW	PM ₁₀ ÜS	PM _{2,5} JMW	BZL JMW	CO 8hmax	O ₃ ÜS 120 ¹⁾	O ₃ ÜS 180 ²⁾	O ₃ ÜS 240 ³⁾	O ₃ AOT40 ⁴⁾
BA M	München / Landshuter Allee	ST VK	66	1	25	14 (16)	15	1,2	1,4				
BA M	München / Stachus	ST VK	48	0	22	7 (8)	14	1,0	1,0				
BA M	München / Lothstraße	ST HG	27	0	18	6	13	0,7	0,3	23	1	0	
BA M	München / Allach	STV HG	24	0						28	1	0	18697
BA M	München / Johanneskirchen	STV HG	20	0	16	4	12			27	1	0	18686
OB	Ingolstadt / Rechbergstraße	ST VK	24	0	19	8	14	0,8	1,2				
OB	Oberaudorf / Inntal-Autobahn	LA-ST VK	30	0	18	3	14						
OB	Bad Reichenhall / Kirchholzstraße	ST HG	-	-						27	0	0	
OB	Burghausen / Marktler Straße	STV HG	21	0	19	7	14		0,8	32	0	0	-
OB	Trostberg / Schwimmbadstraße	STV HG	17	0	17	5	13		0,6	25	0	0	17693
OB	Vohburg a.d.Donau / A.W.W.	STV HG								26	0	0	19555
OB	Garmisch-Partenk./Wasserwerk	LA-ST HG	10	0						9	0	0	12265
OB	Andechs / Rothenfeld	LA-R HG	7	0	14	1	11	0,4		29	1	0	21340
OB	Mehring / Sportplatz	LA-R HG	14	0			13	0,6		27	0	0	17852
NB	Kelheim / Regensburger Straße	ST VK	20	0	19	7	14		1,0				
NB	Landshut / Podewilsstraße	ST VK	24	0	19	7		0,8					
NB	Passau / Stelzhamerstraße	ST HG	30	0	20	7	15						
NB	Regen / Bodenmaier Straße	STV HG								17	0	0	17525
NB	Saal a.d.Donau / Auf dem Gries	STV HG	18	0						16	0	0	12372
NB	Neustadt a.d.Donau / Eining	LA-R HG	10	0			12			28	0	0	20490
OP	Regensburg / Rathaus	ST VK	37	0	20	5 (6)		1,0	1,0				
OP	Weiden i.d.OPf. / Nikolaistraße	ST HG	24	0			13			16	0	0	
OP	Schwandorf / Wackersdorfer Str.	STV HG	20	0			13			16	0	0	17484
OP	Sulzbach-Rosenberg / Lohe	STV HG			18	3				22	1	0	17774
OP	Tiefenbach / Altenschneeberg	LA-R HG	6	0	13	1	10			48	0	0	20807
OF	Bayreuth / Hohenzollernring	ST VK	30	0	20	10		0,8	0,6				
OF	Coburg / Lossaustraße	ST VK					12		1,0				
OF	Bamberg / Löwenbrücke	ST HG	24	0	18	6	13						
OF	Kulmbach / Konrad-Adenauer-Str.	ST HG	20	0	16	7							
OF	Arzberg / Egerstraße	STV HG					14			14	0	0	13913
OF	Hof / LfU	STV HG	17	0						18	0	0	15656
OF	Naila / Selbitzer Berg	LA-ST HG								19	0	0	15435

Abkürzungen (Erläuterung siehe Folgeseite):

LfU – Landesamt für Umwelt; BZL – Benzol; JMW – Jahresmittelwert; ÜS: Überschreitungshäufigkeit

Gebiet:

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

Stationstyp:

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

Tab. 7 (Forts.): Immissionskenngrößen für das Jahr 2018 – 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, bei CO Einheit in mg/m^3

Gebiet	Station	Typ	NO ₂ JMW	NO ₂ ÜS	PM ₁₀ JMW	PM ₁₀ ÜS	PM _{2,5} JMW	BZL JMW	CO 8hmax	O ₃ ÜS 120 ¹⁾	O ₃ ÜS 180 ²⁾	O ₃ ÜS 240 ³⁾	O ₃ AOT40 ⁴⁾
BA N/F/E	Fürth / Theresienstraße	ST VK			22	9							
BA N/F/E	Nürnberg / Bahnhof	ST VK	35	0			-						
BA N/F/E	Nürnberg / Von-der-Tann-Straße	ST VK	46	0	26	13 (15)		1,0	1,1				
BA N/F/E	Nürnberg / Muggenhof	ST HG	27	0			14			9	0	0	
BA N/F/E	Erlangen / Kraepelinstraße	STV HG	18	0						20	0	0	19397
MF	Ansbach / Residenzstraße	ST VK	31	0	19	4	13	0,8	1,1				
MF	Schwabach / Angerstraße	ST HG	24	0	18	4				20	0	0	
MF	Burgbernheim / Grüne Au	LA-R HG	12	0			11			35	0	0	21512
UF	Würzburg / Stadtring Süd	ST VK	33	0	22	9 (9)		0,8	1,0				
UF	Schweinfurt / Obertor	ST HG	21	0	18	4				15	0	0	
UF	Aschaffenburg / Bussardweg	STV HG	28	0			12			21	1	0	15061
UF	Kleinwallstadt / Hofstetter Str.	STV HG	16	0			12			19	0	0	18227
UF	Würzburg / Kopfklinik	STV HG			17	5	12			17	0	0	15449
BA A	Augsburg / Karlstraße	ST VK	43	0	24	8 (9)		1,1	1,2				
BA A	Augsburg / Königsplatz	ST VK	28	0	22	7 (7)		0,9 ^K	1,0				
BA A	Augsburg / Bourges-Platz	ST HG	26	0	19	4	14			15	0	0	
BA A	Augsburg / LfU	STV HG	17	0	15	4	13	0,6 ^K	0,9	30	0	0	19488
S	Lindau (Bodensee) / Friedr.Str.	ST VK	22	0	16	5	12		0,9				
S	Neu-Ulm / Gabelsbergerstraße	ST HG	27	0	18	5	13	0,8		25	0	0	
S	Kempten (Allgäu) / Westendstr.	STV HG	17	0			11			24	0	0	17952
S	Oettingen / Goethestraße	STV HG	17	0			13			27	0	0	18586
S	Bad Hindelang / Oberjoch	LA-R HG	7	0	9	0				13	0	0	15827

Erläuterungen:

- 1) Zielwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit, Mittelwert aus den Jahren 2016 – 2018 (Mittelung über drei Jahre, Mindestdatenverfügbarkeit ein Jahr)
- 2) Informationsschwelle (angegeben ist die Anzahl an Tagen mit Überschreitungen)
- 3) Alarmschwelle
- 4) Zielwert für den Schutz der Vegetation, Mittelwert aus den Jahren 2014 – 2018 (Mittelung über fünf Jahre, Mindestdatenverfügbarkeit drei Jahre)

„ – “: Datenverfügbarkeit weniger als 85 %, bei Ozon verschiedene Verfügbarkeitskriterien

„ < “: Wert liegt unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze

^K Benzol wird kontinuierlich gemessen, ansonsten mit Passivsammler

Werte in Klammern bei PM₁₀-Überschreitungshäufigkeit: Anzahl an Überschreitungstagen ohne Abzug des Streusalzanteils nach § 25 der 39. BImSchV. Weiterführende Informationen siehe Streusalzberichte: https://www.lfu.bayern.de/luft/luftreinhalteplanung_verkehr/projekte/streusalzberichte/index.htm

Bedeutung der Einfärbung von Ergebniszellen:

Grün: Grenzwert eingehalten, bei Ozon: Zielwert, Informations-/Alarmschwelle eingehalten

Orange: Zielwert, Informations- oder Alarmschwelle überschritten (nur bei Ozon)

Rot: Grenzwert überschritten

Tab. 8: Immissionskenngrößen für das Jahr 2018 – Jahresmittelwerte der 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 Stoffnamen sind der Grenzwert bzw. für B[a]P der Zielwert angegeben. Die angegebenen Werte haben mit Ausnahme von Blei (in µg/m³) als Einheit ng/m³.

Gebiet	Station	Typ	Pb (0,5)	As (6)	Cd (5)	Ni (20)	B[a]P (1)
BA M	München / Landshuter Allee	ST VK	0,0029	0,521	0,09	2,0	0,238
BA M	München / Johanneskirchen	STV HG					0,17
OB	Andechs / Rothenfeld	LA-R HG	0,0020	0,27	0,06	<0,5	0,08
NB	Landshut / Podewilsstraße	ST VK					0,259
OP	Regensburg / Rathaus	ST VK					0,313
OF	Kulmbach / Konrad-Adenauer-Straße	ST HG					0,233
BA N/F/E	Nürnberg / Von-der-Tann-Straße	ST VK	0,00475	0,650	0,15	1,8	0,336
MF	Ansbach / Residenzstraße	ST VK					0,302
UF	Würzburg / Stadtring Süd	ST VK	0,0036	0,564	0,09	1,6	0,282
BA A	Augsburg / Königsplatz	ST VK	0,0031	0,45	0,10	2,4	0,201
BA A	Augsburg / LfU	STV HG	0,0026	0,39	0,09	0,7	0,19
S	Kempten (Allgäu) / Westendstraße	ST VK					0,243

Für Abkürzungen zu Gebiet und Typ siehe Seite 20 unten

„ < “: Wert liegt unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze

3.2 Einzelergebnisse

Nachfolgend werden die Ergebnisse für jeden Luftschadstoff kurz zusammengefasst. Um einen besseren Überblick über die unterschiedliche Belastungssituation der LÜB-Messstationen zu erhalten, werden die Messergebnisse grafisch durch Balkendiagramme veranschaulicht (Abb. 2 bis Abb. 9). Jahreskenngrößen wie den höchsten Tagesmittelwert bei Feinstaub-PM₁₀ oder den höchsten Stundenmittelwert bei Stickstoffdioxid, die nicht in Tab. 7 aufgelistet sind, enthält der Jahreskurzbericht 2018 [21].

3.2.1 Stickstoffmonoxid

Bei Stickstoffmonoxid, für das kein Grenzwert festgelegt ist, ist an nahezu allen Messstationen eine Abnahme der Konzentration zu verzeichnen. An den restlichen Messstationen liegt keine wesentliche Veränderung vor.

An den Messstationen der Kategorie verkehrsnah (vergleiche Tab. 1) werden aufgrund ihrer erforderlichen Positionierung in geringer Entfernung von bis zu 10 m zum Fahrbahnrand an hauptverkehrsbelasteten Straßen die höchsten Stickstoffmonoxidkonzentrationen gemessen (siehe Abb. 2). Der höchste Stickstoffmonoxid-Jahresmittelwert wurde mit 75 µg/m³ an der LÜB-Messstation München/Landshuter Allee mit dem höchsten Verkehrsaufkommen aller verkehrsnahen LÜB-Messstationen registriert. An zweiter Stelle liegt die Messstation Nürnberg/Von-der-Tann-Straße mit 52 µg/m³. Neben den hohen Verkehrszahlen führt der straßenschluchtartige Charakter mit Ausrichtung quer zu den Hauptwindrichtungen zu einer schlechten Durchmischung mit Frischluft und daher zu den höchsten Konzentrationen im LÜB-Messnetz.

Im Unterschied dazu liegt der Jahresmittelwert an ländlich geprägten LÜB-Messstationen fernab von verkehrsbelasteten Straßen im Bereich von 1 µg/m³. Aber auch in den weniger verkehrsbeaufschlagten Bereichen der Ballungsräume wurden geringe Konzentrationen gemessen, wie z. B. an den Jahresmittelwerten der LÜB-Messstationen Erlangen/Kraepelinstraße (4 µg/m³) oder Augsburg/LfU (5 µg/m³) abzulesen ist.

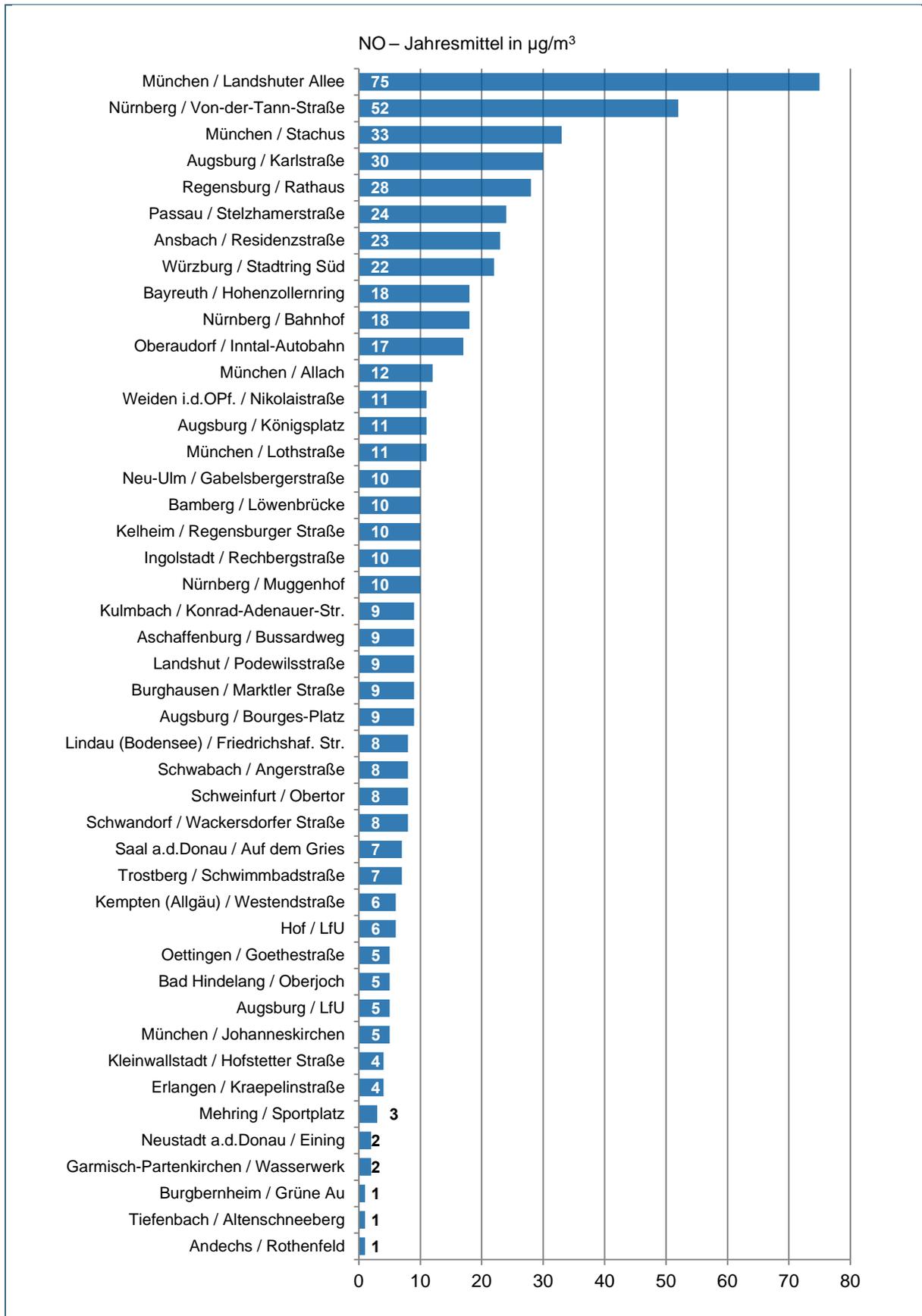


Abb. 2: Stickstoffmonoxid (NO) – Jahresmittelwerte (absteigend sortiert)

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. Die Probenahmestelle muss für einen Bereich von mindestens 100 km^2 oder im gesamten Gebiet oder Ballungsraum repräsentativ sein.

Im Jahr 2018 waren wie in den Vorjahren Grenzwertüberschreitungen beim Jahresmittelwert in München, Augsburg und Nürnberg zu verzeichnen. An der LÜB-Station in Regensburg wurde der Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mit $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erstmals unterschritten. Überschreitungen wurden an den vier verkehrsnahen Messstationen München/Landshuter Allee ($66 \mu\text{g}/\text{m}^3$), München/Stachus ($48 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Nürnberg/Von-der-Tann-Straße ($46 \mu\text{g}/\text{m}^3$) und Augsburg/Karlstraße ($43 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ermittelt. Die zulässige Überschreitungshäufigkeit von 18 Stundenmittelwerten über dem Stundenmittelgrenzwert von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wurde an allen Messstationen eingehalten. An der Messstation München/Landshuter Allee gab es mit $207 \mu\text{g}/\text{m}^3$ einen Stundenmittelwert über $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Die geringste Immission im Jahresmittel trat mit $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an der ländlichen LÜB-Messstation Tiefenbach/Altenschneeberg auf.

Gemittelt über jeweils alle Messstationen der Stationskategorien Verkehr (ST VK), städtischer (ST HG) und vorstädtischer Hintergrund (STV HG) liegen Abnahmen zum Vorjahr vor. Erwartungsgemäß tritt die größte Minderung im höchsten Belastungsniveau (verkehrsnah) auf. Die stärkste Abnahme mit $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ist an der LÜB-Messstation München/Landshuter Allee festzustellen. Entgegen dem Trend an verkehrsnahen Messstationen wurde an der Station Nürnberg/Von-der-Tann Straße $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mehr Stickstoffdioxid gemessen als im Vorjahr. Der Anstieg ist überwiegend auf die besonderen Windverhältnisse der Jahre 2017 und 2018 in Verbindung mit dem straßenschluchtartigen Charakter des Standorts zurückzuführen. An der Hälfte der Messstationen im Mittelfeld des Belastungsbereichs (ohne jeweils 25 % der Messstationen mit den höchsten und niedrigsten Konzentrationen) bewegt sich der Jahresmittelwert von $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bis $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Die insgesamt 46 Stickstoffdioxidmessungen in unterschiedlichen Belastungsniveaus zeigen, dass die Überschreitungen des Jahresmittelgrenzwerts nicht flächendeckend vorliegen. Es handelt sich vielmehr um wenige in der Regel innerstädtische Bereiche mit extremer Verkehrsbelastung und schlechten Durchmischungseigenschaften.

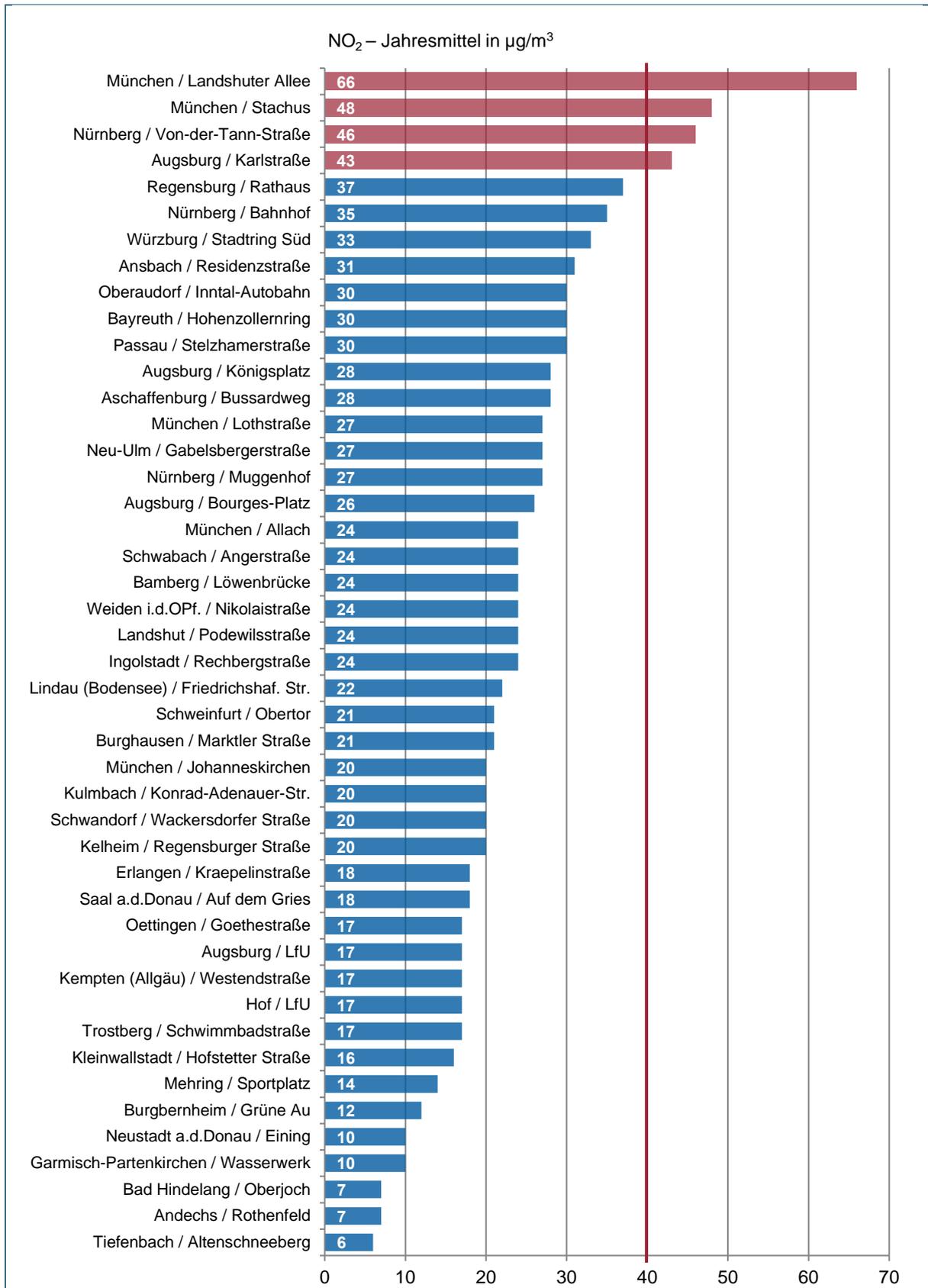


Abb. 3: Stickstoffdioxid (NO₂) – Jahresmittelwerte (absteigend sortiert); die rote Linie markiert den Grenzwert der 39. BImSchV [2] von 40 µg/m³.

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 trat mit 26 µg/m³ an der verkehrsbelasteten LÜB-Messstation Nürnberg/Von-der-Tann-Straße auf – gefolgt von den Stationen München/Landshuter Allee (25 µg/m³) und Augsburg/Karlstraße (24 µg/m³) (siehe Abb. 4). Damit wird selbst an den höchstbelastetsten Messstationen der Jahresmittelwert deutlich unterschritten. Die Jahresmittelwerte an den restlichen Verkehrsmessstationen reichen von 16 µg/m³ bis 22 µg/m³. Im städtischen Hintergrund liegt die Belastung im Jahresmittel bei 16 µg/m³ bis 20 µg/m³, im vorstädtischen Hintergrund bei 15 µg/m³ bis 19 µg/m³. An den drei ländlich geprägten Messstationen wurden 9 µg/m³, 13 µg/m³ und 14 µg/m³ gemessen.

Neben dem Jahresmittelgrenzwert ist ein Tagesmittelgrenzwert von 50 µg/m³ festgelegt, der an bis zu 35 Tagen im Kalenderjahr überschritten werden darf. Die zulässige Überschreitungshäufigkeit wurde im Jahr 2018 – auch ohne Abzug des Streusalzanteils (siehe § 25 der 39. BImSchV [2]) – an allen Messstationen wieder deutlich eingehalten (siehe Abb. 5). Die Analyse auf Streusalz erfolgte an sieben verkehrsbelasteten Messstationen. Mit 16 Tagen (14 Tage abzgl. Streusalzanteil) wurde der Tagesmittelgrenzwert an der Station München/Landshuter Allee am häufigsten überschritten. Es folgen die Messstationen Nürnberg/Von-der-Tann-Straße (15 Tage, 13 Tage abzgl. Streusalzanteil) und Bayreuth/Hohenzollernring (10 Tage). Weitere Informationen zur Berücksichtigung des Streusalzanteils enthält der Streusalzbericht [22].

Neben Feinstaub-PM₁₀ sind auch Messungen der PM_{2,5}-Fraktion durchzuführen. Die Jahresmittelwerte der PM_{2,5}-Belastung betragen im Jahr 2018 maximal 15 µg/m³ (siehe Abb. 6). Der Grenzwert von 25 µg/m³ wurde damit deutlich unterschritten. Im städtischen und vorstädtischen Hintergrund lagen die Belastungen bei 11 µg/m³ bis 15 µg/m³. Im ländlichen Hintergrund wurden 10 µg/m³ bis 13 µg/m³ gemessen. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Stationskategorien sind recht gering.

Seit Beginn des Jahres 2008 wird an drei Messstationen im städtischen Hintergrund 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 [3] gemessen. Der AEI-Wert bezieht sich auf ganz Deutschland und wird vom Umweltbundesamt ausgewertet.

In den zurückliegenden Jahren ist in Bayern eine sehr positive Entwicklung beim Feinstaub zu beobachten. Der PM₁₀-Immissionsgrenzwert für das Kalenderjahr (40 µg/m³) wird in Bayern seit 2007 nicht mehr überschritten. Die zulässige Anzahl von 35 Tagen mit Überschreitung des PM₁₀-Immissionsgrenzwertes 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 andauernde Akkumulation des Feinstaubes, der zu einem flächendeckenden Anstieg der Feinstaubkonzentration führt. Erst ein markanter Witterungswechsel, der auch die bodennahe Luftschicht erneuert, kann diese sog. Feinstaubepisoden beenden.

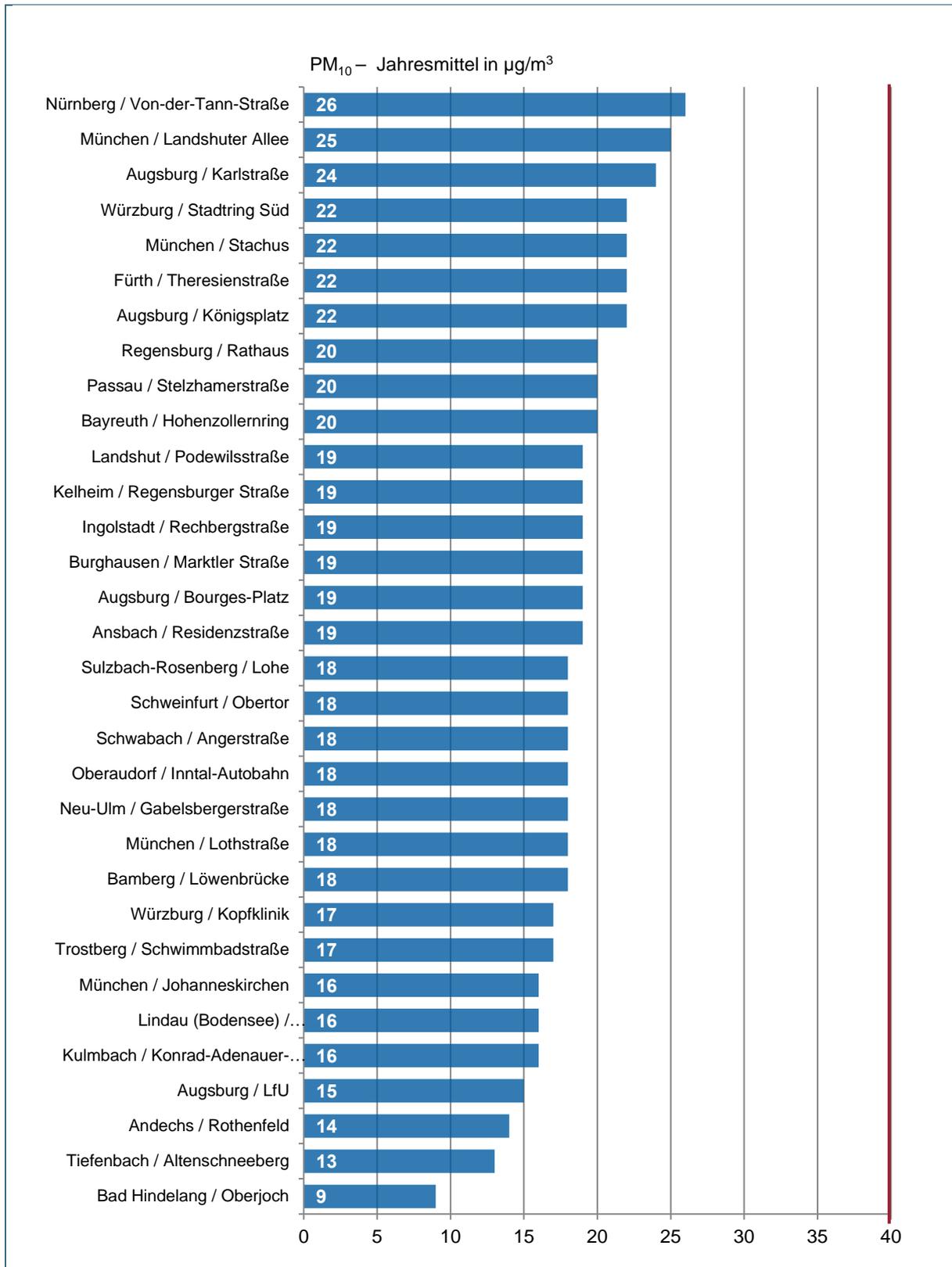


Abb. 4: Feinstaub-PM₁₀ – Jahresmittelwerte (absteigend sortiert); die rote Linie markiert den Grenzwert der 39. BImSchV [2] von 40 µg/m³.

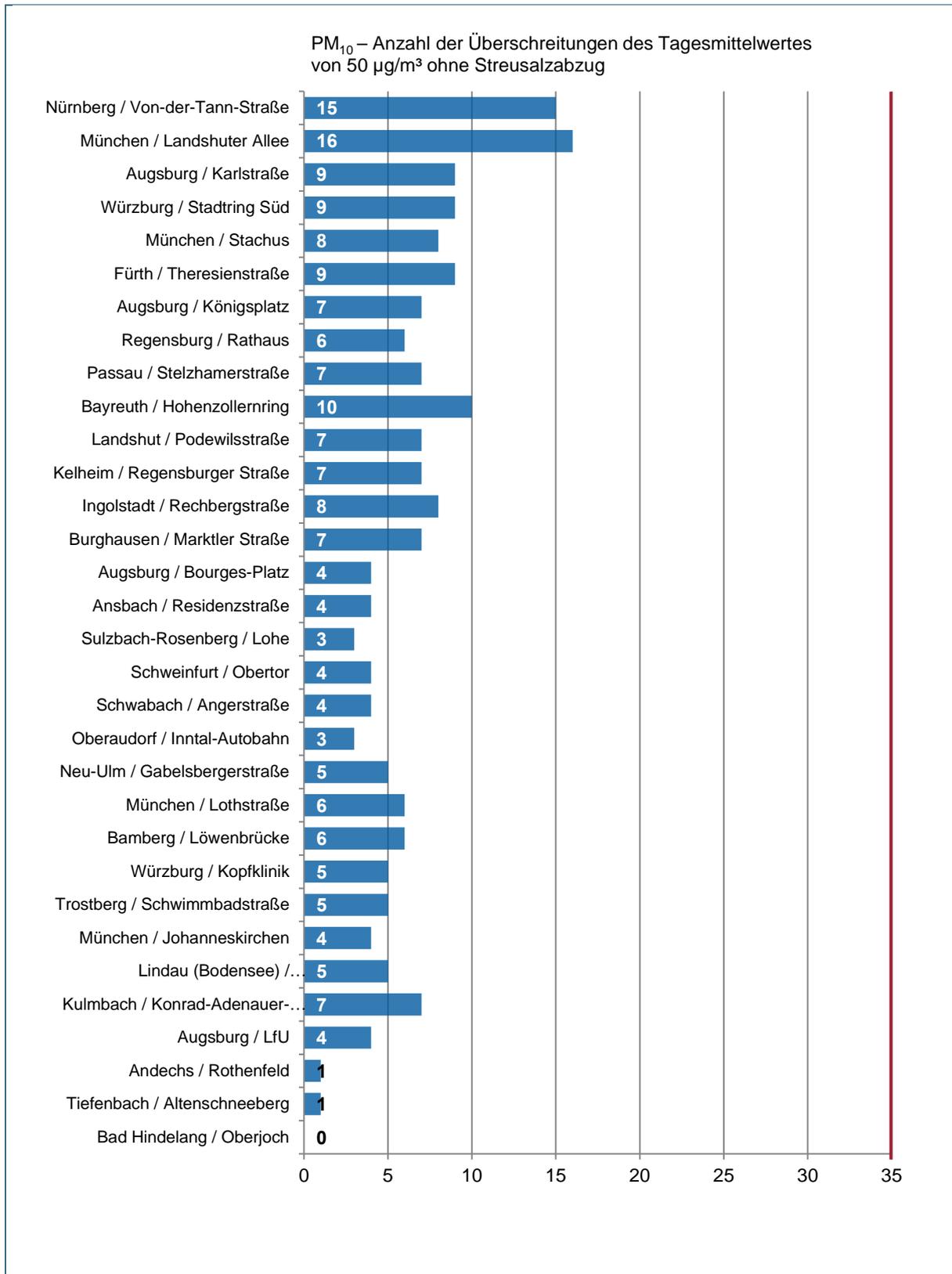


Abb. 5: Feinstaub-PM₁₀ – Anzahl der Überschreitungen des Tagesmittelwertes ohne Abzug des Streusalzanteils nach § 25 der 39. BImSchV [2] (absteigend sortiert nach Jahresmittelwert, vergleiche Abb. Abb. 4). Die rote Linie markiert die maximal zulässige Überschreitungsanzahl von 35 Tagen.

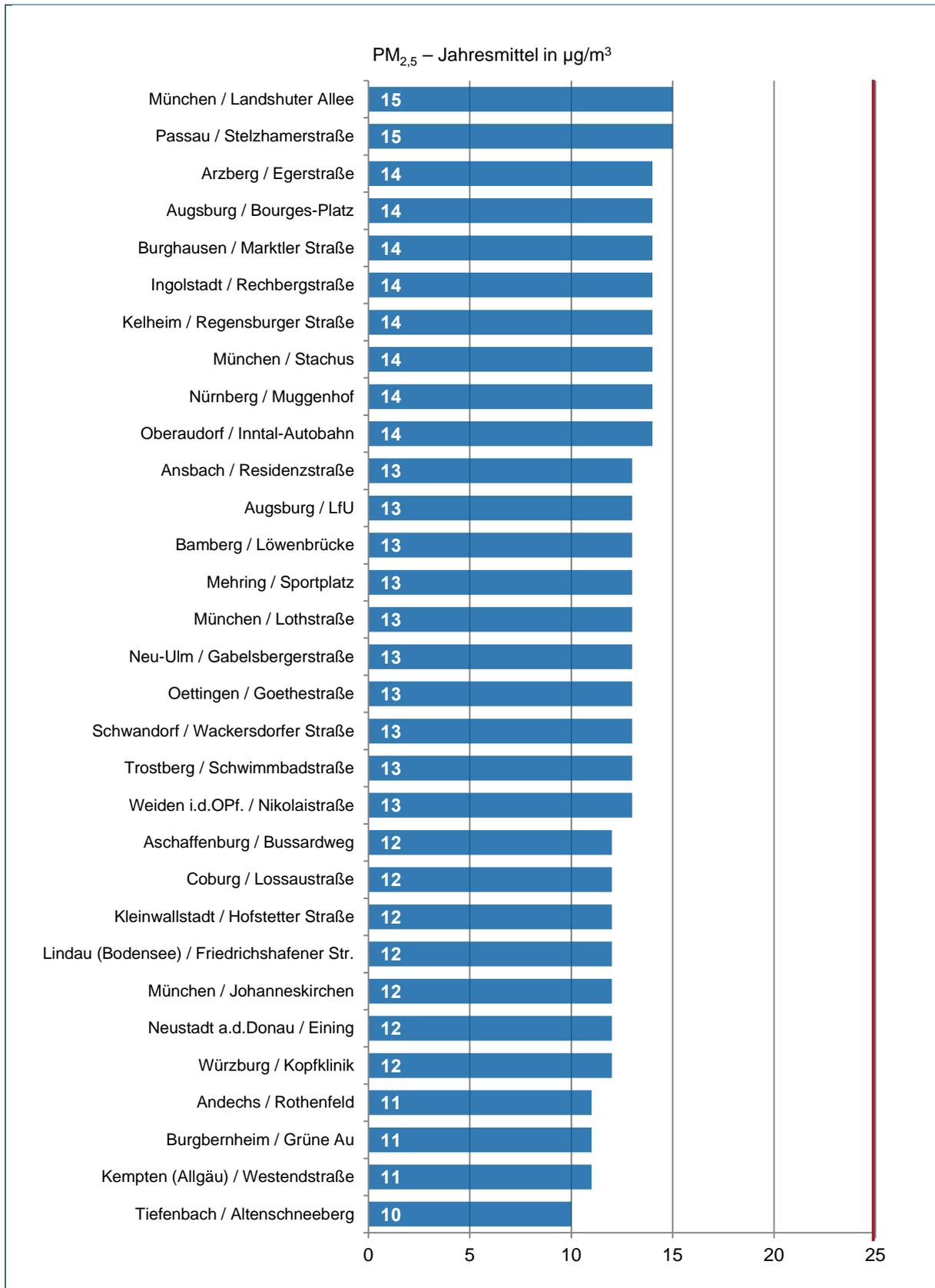


Abb. 6: Feinstaub-PM_{2,5} – Jahresmittelwerte (absteigend sortiert); die rote Linie markiert den Grenzwert der 39. BImSchV [2] von 25 µg/m³.

3.2.4 Ozon

Im Unterschied zu den restlichen Schadstoffen treten beim Ozon an den verkehrsbeeinflussten, innerstädtischen LÜB-Messstationen die geringsten Jahresmittelwerte auf. Im Weiteren ist je nach Lage der LÜB-Messstation in der Unterscheidung nach städtischen Kernbereichen, Stadtrandgebieten, emissionsfernen Regionen und Hochlagen eine Zunahme der Jahresmittelwerte zu erkennen (Abb. 7). Dieser Sachverhalt ist im Wesentlichen darauf zurückzuführen, dass in Gebieten mit höheren Luftschadstoffgehalten insbesondere in den Nachtstunden ein bodennaher Abbau des Ozons durch Reaktion mit anderen Luftschadstoffen stattfindet. Daher ergeben sich dort insgesamt niedrigere Tages- und Jahresmittelwerte. Entsprechend der Abhängigkeit der Ozonbildung von der Sonneneinstrahlung ist im Jahresverlauf der für Ozon typische Gang mit höheren Konzentrationen im Sommer und geringerer Belastung im Winter zu verzeichnen [23].

Die in der 39. BImSchV [2] festgelegte Informationsschwelle von $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als 1-Stunden-Mittelwert, bei der die Bevölkerung zu informieren ist, wurde im Jahr 2018 an drei Tagen überschritten. Die höchsten Stundenmittelwerte an den Überschreitungstagen wurden am 4. Juli an der Station Sulzbach-Rosenberg/Lohe mit $192 \mu\text{g}/\text{m}^3$, am 23. Juli an der Station Kleinwallstadt/Hofstetter Straße mit $185 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und am 1. August an der Station Andechs/Rothenfeld mit $198 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen. Die höchsten Stundenmittelwerte je Messstationen sind im Jahreskurzbericht [21] dargestellt. Trotz geeigneter Witterungsbedingungen wurden vergleichsweise wenige Überschreitungstage gezählt. Das Umweltbundesamt bewertet die Situation in [24] für ganz Deutschland.

Der zum Schutz der menschlichen Gesundheit festgelegte Zielwert beträgt $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als höchster 8-Stunden-Mittelwert während eines Tages bei 25 zugelassenen Überschreitungen pro Kalenderjahr, gemittelt über drei Jahre. In dem drei Jahre umfassenden Beurteilungszeitraum 2016 bis 2018 wurde der Zielwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit an 14 von 34 aktiven beurteilungsrelevanten O_3 -Messstationen überschritten (siehe Tab. 9). Vergleicht man die Einzeljahre, so zeigen sich in den Jahren 2016 und 2017 ähnlich viele Überschreitungstage. Im Jahr 2018 mit dem außergewöhnlich trockenen und insgesamt sehr warmen Sommerhalbjahr wurden fast dreimal so viele Überschreitungstage gezählt. Die Ergebnisse des Jahres 2018 sind in grafischer Form in Abb. 8 dargestellt.

Für den Schutz der Vegetation beträgt der Zielwert $18000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$ 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 wurde im fünf Jahre umfassenden Beurteilungszeitraum 2014 bis 2018 an 11 Messstationen überschritten (siehe Tab. 10). An der Station Burgbernheim/Grüne Au wurde mit $21512 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$ der höchste Wert ermittelt. In dem 5-jährigen Auswertzeitraum enthalten sind die beiden Jahre 2015 und 2018, die vergleichsweise hohe Belastungen aufweisen. Städtische Hintergrundmessstationen sind nach der 39. BImSchV [2] keine Beurteilungspunkte zum Schutz der Vegetation und daher nicht in Tab. 10 enthalten. In Abb. 9 sind die Werte für das Kalenderjahr mit gesonderter Markierung aufgeführt.

Die beiden verkehrsnahen LÜB-Messstationen München/Landshuter Allee und München/Stachus sind aufgrund ihrer Standortcharakteristik nach der 39. BImSchV [2] nicht zur Beurteilung der Ozonbelastung vorgesehen. Dort wird Ozon hauptsächlich zu Zwecken der Qualitätssicherung und Ursachenforschung gemessen.

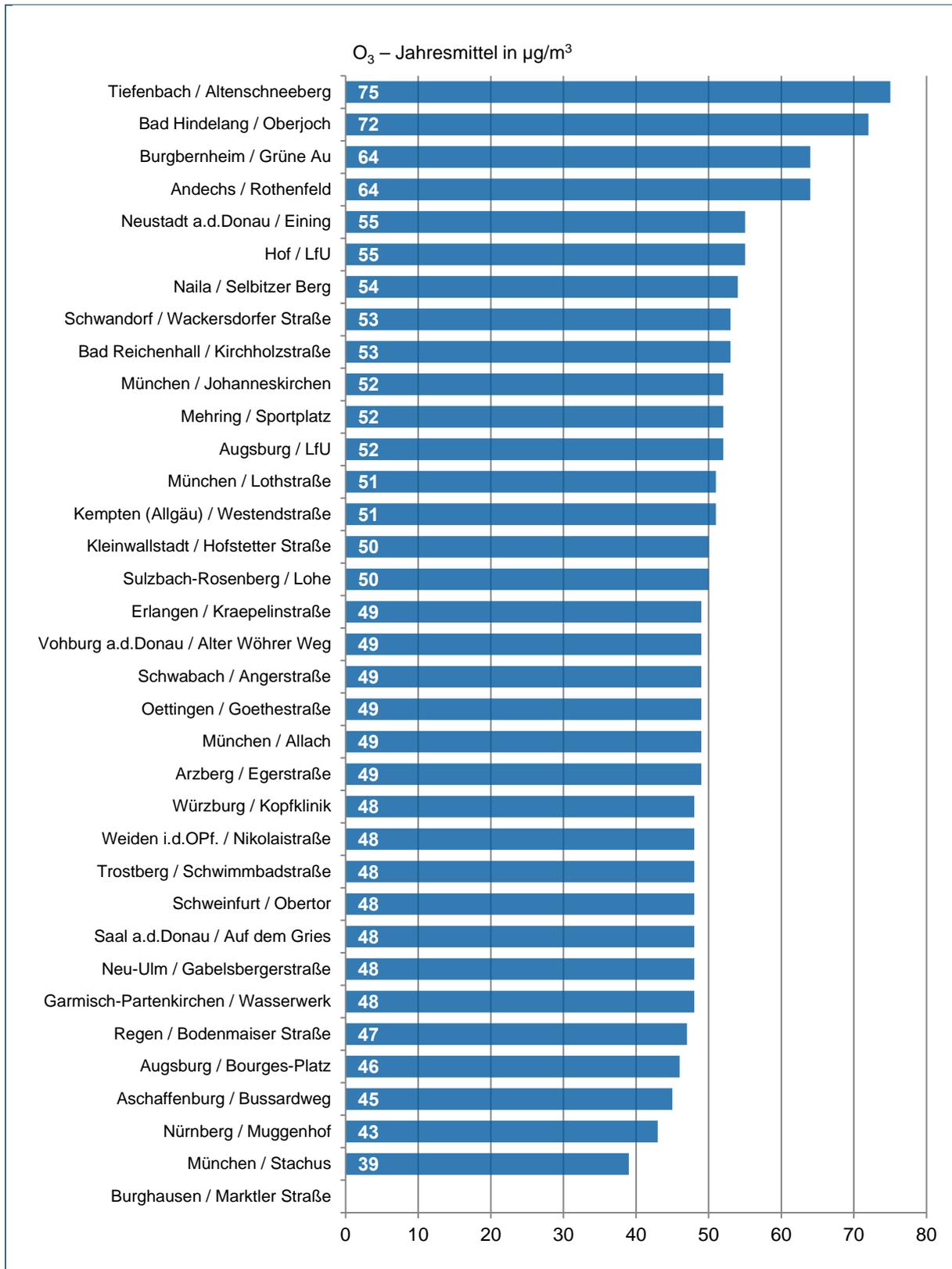


Abb. 7: Ozon (O₃) – Jahresmittelwerte (absteigend sortiert), für die LÜB-Station in Burghausen liegt keine ausreichende Datenverfügbarkeit vor.

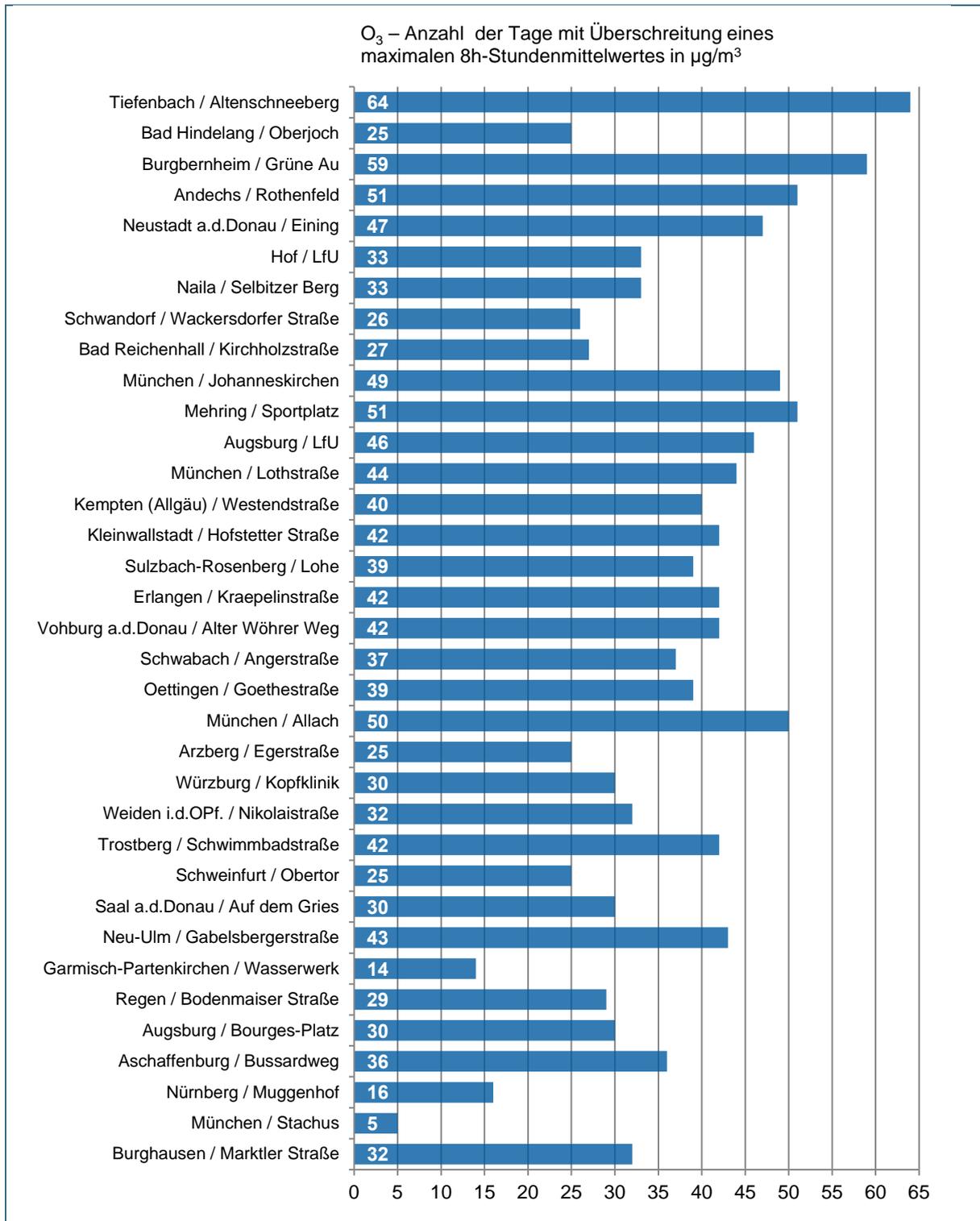


Abb. 8: Ozon (O₃) – Anzahl der Tage mit Überschreitung² eines maximalen 8-Stunden-Mittelwertes (im Kalenderjahr, absteigend sortiert nach Jahresmittelwert entsprechend Abb. 7

² Beurteilungsrelevant ist der Mittelwert über drei Kalenderjahre

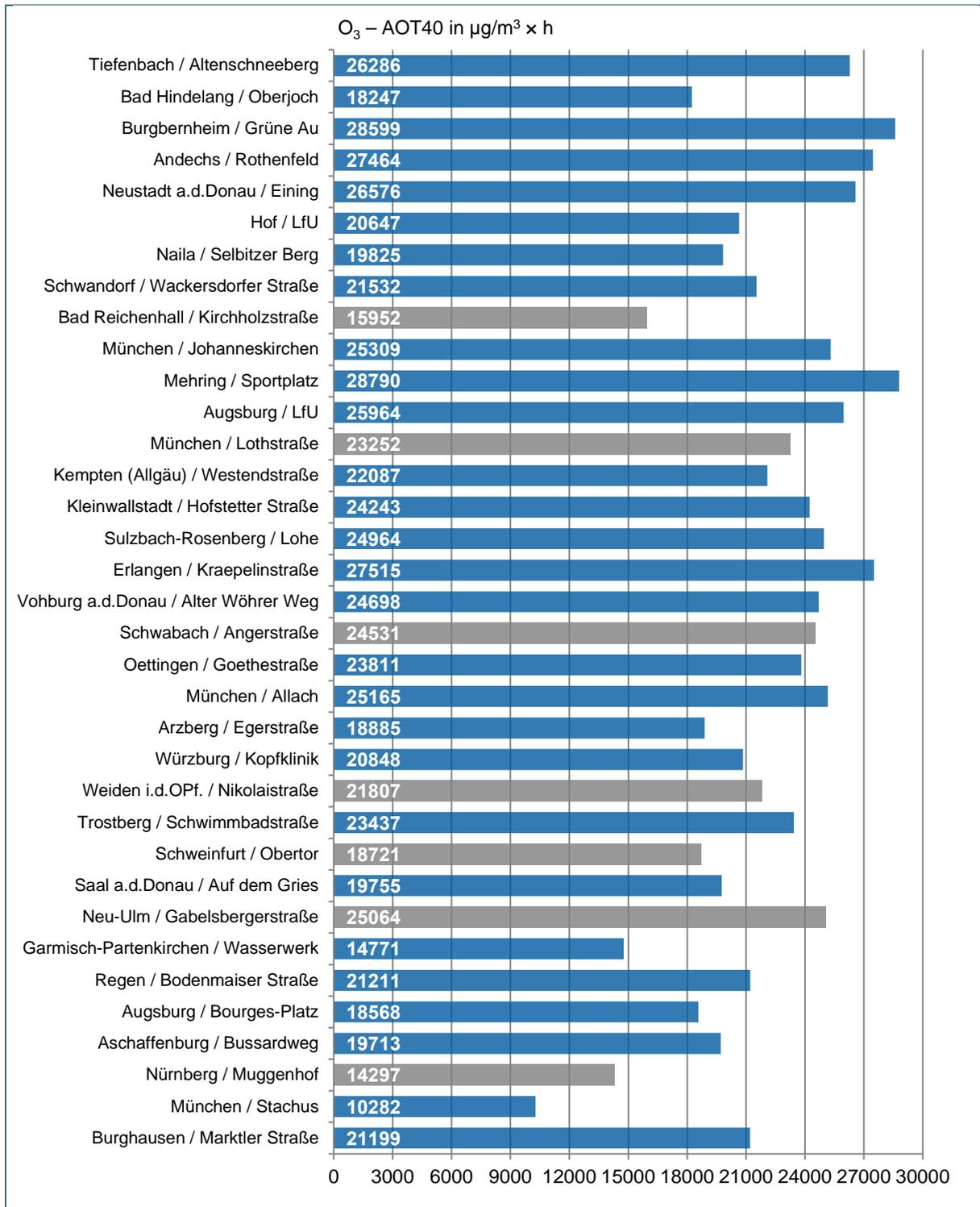


Abb. 9: Ozon (O₃) – AOT40³ (im Kalenderjahr, absteigend sortiert nach Jahresmittelwert, vergleiche Abb. 7). Die sieben Messstationen mit grau eingefärbten Wertebalken liegen im städtischen Hintergrund und fließen nicht in die Beurteilung zum Schutz der Vegetation ein.

³ „Average over a Threshold of 40 ppb“ 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. Beurteilungsrelevant ist der Mittelwert über fünf Jahre.

Tab. 9: Zielwert für Ozon zum Schutz der menschlichen Gesundheit 2016 – 2018. Anzahl der Überschreitungen des höchsten 8-Stunden-Mittelwerts eines Tages von $> 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, gemittelt über drei Kalenderjahre (sortiert nach Stationstyp).

Messtation	Typ	2016	2017	2018	Mittel
Andechs / Rothenfeld	LA-R HG	21	15	51	29
Bad Hindelang / Oberjoch	LA-R HG	4	11	25	13
Burgbernheim / Grüne Au	LA-R HG	23	23	59	35
Mehring / Sportplatz	LA-R HG	8	21	51	27
Neustadt a.d.Donau / Eining	LA-R HG	19	19	47	28
Tiefenbach / Altenschneeberg	LA-R HG	37	42	64	48
Garmisch-Partenkirchen / Wasserwerk	LA-ST HG	7	7	14	9
Naila / Selbitzer Berg	LA-ST HG	12	12	33	19
Arzberg / Egerstraße	STV HG	11	6	25	14
Aschaffenburg / Bussardweg	STV HG	13	14	36	21
Augsburg / LfU	STV HG	25	18	46	30
Bad Reichenhall / Nonn*	STV HG	6	13		10
Burghausen / Marktler Straße	STV HG			32	32
Erlangen / Kraepelinstraße	STV HG	22	17	42	27
Hof / LfU	STV HG	13	7	33	18
Kempten (Allgäu) / Westendstraße	STV HG	14	17	40	24
Kleinwallstadt / Hofstetter Straße	STV HG	22	15	42	26
München / Allach	STV HG	17	18	50	28
München / Johanneskirchen	STV HG	15	17	49	27
Oettingen / Goethestraße	STV HG	14	–	39	27
Regen / Bodenmaier Straße	STV HG	7	16	29	17
Saal a.d.Donau / Auf dem Gries	STV HG	5	13	30	16
Schwandorf / Wackersdorfer Straße	STV HG	9	13	26	16
Sulzbach-Rosenberg / Lohe	STV HG	9	17	39	22
Trostberg / Schwimmbadstraße	STV HG	16	17	42	25
Vohburg a.d.Donau / Alter Wöhrer Weg	STV HG	21	15	42	26
Würzburg / Kopfklinik	STV HG	11	9	30	17
Augsburg / Bourges-Platz	ST HG	3	11	30	15
Bad Reichenhall / Kirchholzstraße	ST HG			27	27
München / Lothstraße	ST HG	10	14	44	23
Neu-Ulm / Gabelsbergerstraße	ST HG	22	11	43	25
Nürnberg / Muggenhof	ST HG	5	5	16	9
Schwabach / Angerstraße	ST HG	11	11	37	20
Schweinfurt / Obertor	ST HG	11	10	25	15
Weiden i.d.OPf. / Nikolaistraße	ST HG	6	10	32	16

Abkürzungen/Erläuterungen:

LfU: Landesamt für Umwelt

Stationstypen:

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

Fett hervorgehobene Werte liegen über dem Zielwert von 25 Überschreitungstagen

„ – “: keine ausreichende Datenverfügbarkeit

„ * “: Station wurde Ende 2017 abgebaut

Tab. 10: Zielwert für Ozon zum Schutz der Vegetation 2014 – 2018. AOT40 in $\mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$, gemittelt über fünf Kalenderjahre (sortiert nach Stationstyp)

Messtation	Typ	2014	2015	2016	2017	2018	Mittel
Andechs / Rothenfeld	LA-R HG	–	24278	15081	18535	27464	21340
Bad Hindelang / Oberjoch	LA-R HG	15285	19914	10267	15424	18247	15827
Burgbernheim / Grüne Au	LA-R HG	19261	25783	14350	19568	28599	21512
Mehring / Sportplatz	LA-R HG	11113	18866	11192	19301	28790	17852
Neustadt a.d.Donau / Eining	LA-R HG	21230	19526	14742	20378	26576	20490
Tiefenbach / Altenschneeberg	LA-R HG	16967	18031	18078	24672	26286	20807
Garmisch-Partenkirchen / Wasserwerk	LA-ST HG			9835	12189	14771	12265
Naila / Selbiter Berg	LA-ST HG	14582	17694	9547	15526	19825	15435
Arzberg / Egerstraße	STV HG	10519	16810	11038	12314	18885	13913
Aschaffenburg / Bussardweg	STV HG	13528	19528	9894	12643	19713	15061
Augsburg / LfU	STV HG	15663	20912	16527	18372	25964	19488
Bad Reichenhall / Nonn*	STV HG	10166	12220	9753	15144		11821
Burghausen / Marktler Straße	STV HG					21199	–
Erlangen / Kraepelinstraße	STV HG	15945	22989	13793	16744	27515	19397
Hof / LfU	STV HG	15767	17333	11489	13043	20647	15656
Kempten (Allgäu) / Westendstraße	STV HG	17177	20609	11817	18072	22087	17952
Kleinwallstadt / Hofstetter Straße	STV HG	19242	21122	10997	15533	24243	18227
München / Allach	STV HG	16155	21133	12367	18665	25165	18697
München / Johanneskirchen	STV HG	17873	19298	12622	18329	25309	18686
Oettingen / Goethestraße	STV HG	14715	22764	13052	–	23811	18586
Regen / Bodenmaier Straße	STV HG	17828	17679	11393	19516	21211	17525
Saal a.d.Donau / Auf dem Gries	STV HG	6118	10789	9434	15766	19755	12372
Schwandorf / Wackersdorfer Straße	STV HG	16165	22362	11977	15385	21532	17484
Sulzbach-Rosenberg / Lohe	STV HG	18243	17619	11804	16240	24964	17774
Trostberg / Schwimmbadstraße	STV HG	15220	19044	13244	17520	23437	17693
Vohburg a.d.Donau / Alter Wöhrer Weg	STV HG	21314	19486	15368	16910	24698	19555
Würzburg / Kopfklinik	STV HG	14192	21465	8980	11761	20848	15449

Abkürzungen/Erläuterungen:

LfU: Landesamt für Umwelt

Stationstypen:

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

Fett hervorgehobene Werte liegen über dem Zielwert von $18000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$

„ – “: keine ausreichende Datenverfügbarkeit

„ * “: Station wurde Ende 2017 abgebaut

3.2.5 Kohlenmonoxid

Die Kohlenmonoxidbelastung liegt gemessen am Grenzwert von 10 mg/m^3 , gemittelt über 8 Stunden, auf einem niedrigen Niveau (siehe Abb. 10). Die Jahresmittelwerte bewegen sich in einem engen Bereich zwischen $0,3 \text{ mg/m}^3$ und $0,5 \text{ mg/m}^3$. Der maximale 8-Stunden-Mittelwert wurde mit $1,4 \text{ mg/m}^3$ an der LÜB-Messstation München/Landshuter Allee gemessen und liegt damit etwa eine Größenordnung unter dem festgelegten Grenzwert.

Für Kohlenmonoxid sind aufgrund des geringen Belastungsniveaus ortsfeste Messungen nach der 39. BImSchV [2] nicht mehr vorgeschrieben. Hauptsächlich aus Gründen der Qualitätssicherung für andere Luftschadstoffe wird der Großteil der Kohlenmonoxidmessungen fortgeführt. Vier Messungen an Orten geringerer Priorität wurden beendet (Bayreuth/Hohenzollernring, Burghausen/Marktler Straße, München/Lothstraße und Trostberg/Schwimmbadstraße).

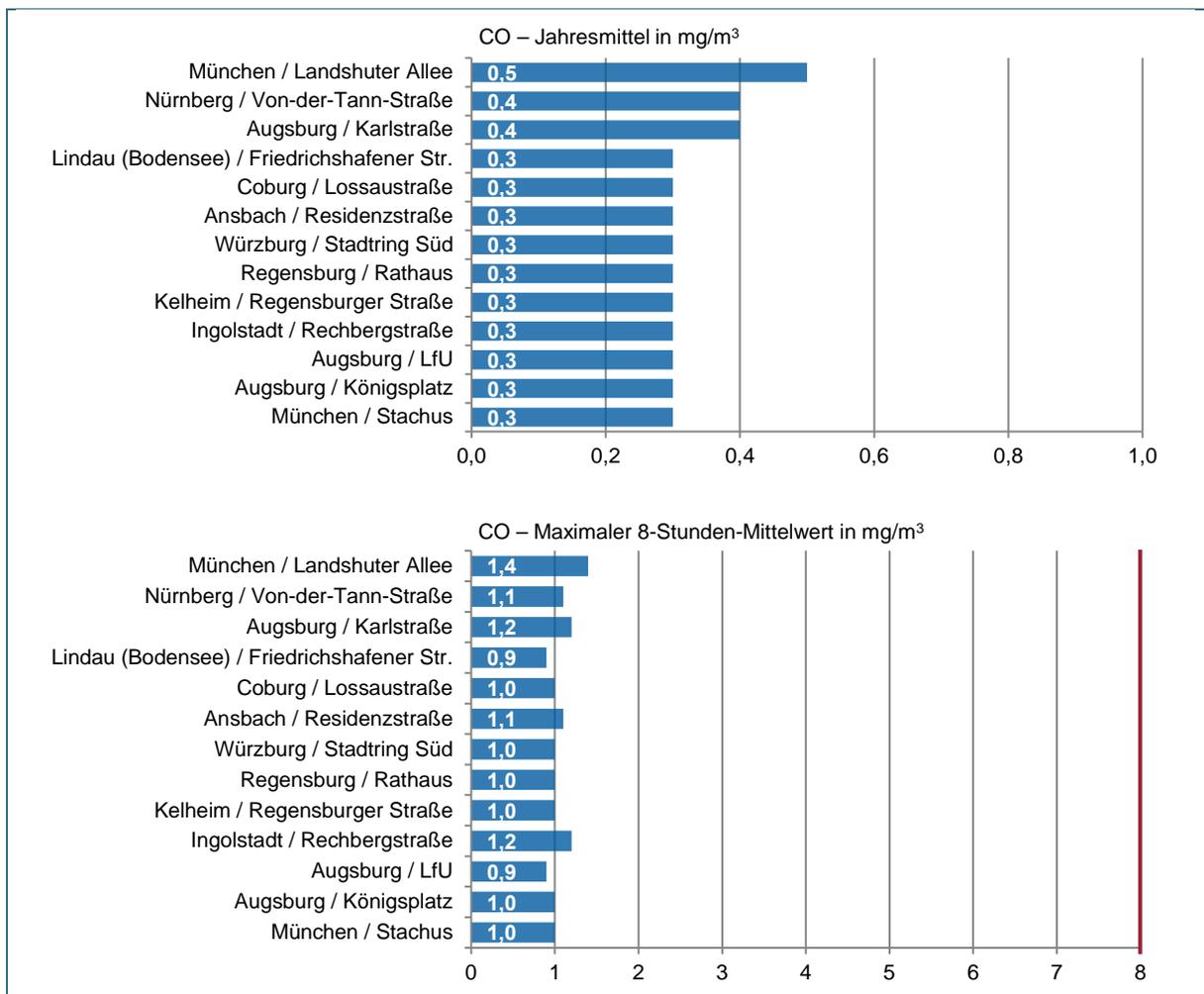


Abb. 10: Kohlenmonoxid (CO) – Jahresmittelwerte und maximaler 8-Stunden-Mittelwert (absteigend sortiert nach Jahresmittelwert); die rote Linie markiert den Grenzwert der 39. BImSchV [2] von 8 mg/m^3 .

3.2.6 Benzol

Benzol wird als typisch verkehrsspezifischer Schadstoff vorwiegend an den im Nahbereich verkehrsreicher Straßen gelegenen LÜB-Messstationen gemessen.

Bei den beiden kontinuierlichen Messungen wurden Jahresmittelwerte von $0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an der LÜB-Messstation Augsburg/Königsplatz und $0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an der LÜB-Messstation Augsburg/LfU ermittelt. Der seit 2010 geltende Jahresmittelgrenzwert von $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wurde deutlich unterschritten.

Neben den kontinuierlichen Benzolmessungen wurden im Jahr 2018 an 16 LÜB-Messstationen Messungen mit Passivsammlern durchgeführt. Die Jahresmittelwerte dieser Messungen bewegten sich zwischen $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und lagen ebenfalls deutlich unter dem Grenzwert. Die geringste Belastung wurde an der im ländlichen Hintergrund gelegenen LÜB-Messstation Andechs/Rothenfeld gemessen, die höchste Konzentration an der verkehrsbelasteten Station München/Landshuter Allee (siehe Tab. 7 oder BTX-Passivsammler im Internet [25]).

3.2.7 Blei, Arsen, Cadmium und Nickel im Feinstaub-PM₁₀

Die Jahresmittelwerte für Blei, Arsen, Cadmium und Nickel in der PM₁₀-Fraktion lagen an allen LÜB-Messstationen deutlich unter den Grenz- bzw. Zielwerten der 39. BImSchV [2]. Die einzelnen Messergebnisse für das Jahresmittel sind in Tab. 8 zusammengestellt. Darüber hinaus sind im Internet [26] auch Monatsmittelwerte verfügbar.

3.2.8 Benzo[a]pyren im Feinstaub-PM₁₀

Neben den im Feinstaub-PM₁₀ analysierten Metallen (siehe Abschnitt 2.2.7) wird der Gehalt an Benzo[a]pyren als Marker für polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe ermittelt, für den in der 39. BImSchV [2] ein Zielwert von $1 \text{ ng}/\text{m}^3$ festgelegt ist. Die gemessenen Jahresmittelwerte bewegten sich zwischen $0,08 \text{ ng}/\text{m}^3$ und $0,336 \text{ ng}/\text{m}^3$ deutlich unter dem Zielwert. Die höchste Belastung trat an der LÜB-Messstation Nürnberg/Von-der-Tann-Straße auf (siehe Tab. 8 oder Internet [26]).

Hauptemittent von Benzo[a]pyren ist vor allem der Hausbrand. Der Jahresgang zeigt einen sehr ausgeprägten Verlauf. Im Winterhalbjahr bei kaltem Wetter mit vermehrtem Hausbrand, häufig im Zusammenhang mit Inversionswetterlagen, werden Monatsmittelwerte um $1 \text{ ng}/\text{m}^3$ und mehr gemessen, während in den Sommermonaten die Werte meist unterhalb der Nachweisgrenze von $0,02 \text{ ng}/\text{m}^3$ liegen.

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 Themen aufgelistet:

-  Langzeitverläufe [27]
-  Inhaltsstoffe in der PM₁₀-Fraktion (Monatsmittelwerte) [26]
-  BTX-Passivsammler [25]
-  Staubniederschlag und Inhaltsstoffe [28]
-  Windrosengrafiken [11]

4 Trendanalysen

Im Folgenden wird die langfristige Entwicklung der Schadstoffbelastung für die Komponenten Stickstoffmonoxid, Stickstoffdioxid, Feinstaub (PM₁₀ und PM_{2,5}), Ozon, Kohlenmonoxid und Schwefeldioxid an Hand von 10-jährigen Trendanalysen betrachtet. Die Auswertung erfolgt für alle LÜB-Messstationen, bei denen Auswerteziträume über mindestens sechs der letzten 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, können aber anhand der gleitenden 12-Monatsmittelwerte in den Grafiken abgelesen werden. Zur Beurteilung der Signifikanz des Trends wird die 2-fache T-Standardabweichung⁴ herangezogen. Sämtliche Langzeitverläufe mit Grafiken und Trendtabellen sind im Internetauftritt des Bayerischen Landesamts für Umwelt [27] abrufbar.

4.1 Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid

Von den mit Messgeräten für Stickstoffoxide bestückten LÜB-Messstationen wurden für 42 Stationen Trendanalysen durchgeführt.

Für Stickstoffmonoxid zeigt sich bei 35 Standorten eine rechnerische Abnahme über den betrachteten Zeitraum, davon sind 18 als signifikant einzustufen. An der LÜB-Messstation Augsburg/Königsplatz ist der Rückgang mit 34 µg/m³ am stärksten ausgeprägt. Der Einfluss durch die Umbaumaßnahmen des nahegelegenen Königsplatzes von Frühjahr 2012 bis Ende 2013 ist hierin enthalten. Es folgen die LÜB-Messstationen Augsburg/Karlstraße mit 23 µg/m³ und Oberaudorf/Inntal-Autobahn mit 22 µg/m³ Abnahme in 10 Jahren. An der Messstation bei Oberaudorf in nächster Nähe zur Autobahn zeigt sich im Verlauf des gleitenden 12-Monatsmittelwerts der Einfluss durch die Errichtung einer Lärmschutzwand (Fertigstellung Herbst 2017) zwischen Messstation und Autobahn, die eine Abschirmung der direkten Verkehrsemissionen bewirkt. An sieben Messstationen wurde ein zunehmender Trend berechnet, zwei werden als signifikant eingestuft.

Für Stickstoffdioxid zeigen 38 der 42 ausgewerteten Zeitreihen eine signifikante Abnahme der Belastung über den betrachteten Zeitraum. Mit einem Rückgang von 30 µg/m³ ist der Trend an der LÜB-Messstation München/Stachus am stärksten ausgeprägt. Ähnlich stark ist die Abnahme an der Messstation Augsburg/Königsplatz mit 28 µg/m³. Der Einfluss durch Umbaumaßnahmen des nahegelegenen Königsplatzes von Frühjahr 2012 bis Ende 2013 ist in der Abnahme enthalten. Im Verlauf der gleitenden 12-Monatsmittelwerte ist der Rückgang sehr gut ablesbar. Die stärksten Rückgänge sind an den verkehrsnahen Messstationen mit den höchsten Belastungen zu verzeichnen. Auch im ländlichen Hintergrund ist ein signifikanter Rückgang von 9 µg/m³ bis 2 µg/m³ zu verzeichnen. Ein signifikant zunehmender Trend wurde an keiner Messstation ermittelt.

⁴ Der i-te Gleitmittelwert wird dabei nicht auf den arithmetischen Mittelwert des betrachteten Zeitraums bezogen, sondern auf den Trendwert zum i-ten Zeitpunkt (entspricht dem Schnittpunkt mit der Trendgeraden). So wird vermieden, dass bei stärkerem Trend eine künstlich erhöhte Standardabweichung berechnet wird, die allein auf die größeren Abstände zu Beginn und Ende des Zeitraums zum starren Mittelwert zurückzuführen ist.

Die Abb. 11 zeigt die Entwicklung der Belastung für die verschiedenen Belastungsniveaus nach der 39. BImSchV [2]. Je Kategorie und Jahr wurde ein Mittelwert über alle Jahresmittelwerte der aktuell aktiven Messstationen, deren Messzeitreihen mindestens die 10 ausgewerteten Jahre umfassen⁵, gebildet. So wird vermieden, dass durch Änderungen der Stationszahlen oder Messlücken innerhalb einer Kategorie bzw. Kollektivs systematische Änderungen – insbesondere bei wenigen Stationen oder bei Stationen mit deutlich vom Mittelwert abweichenden Belastungen – einfließen können. Die Grafik zeigt für alle Belastungsniveaus eine Abnahme der Stickstoffdioxidkonzentrationen. Besonders deutlich zeigt sich der Rückgang an verkehrsbelasteten Messstationen seit dem Jahr 2015. Neben den Emissionen hat die Meteorologie – insbesondere der Wind – großen Einfluss auf die Immissionsituation. Kein Jahr gleicht hier dem anderen und einzelne Jahre können besonders stark von den mittleren Verhältnissen abweichen. Dies ist bei Bewertung der Verläufe zu berücksichtigen.

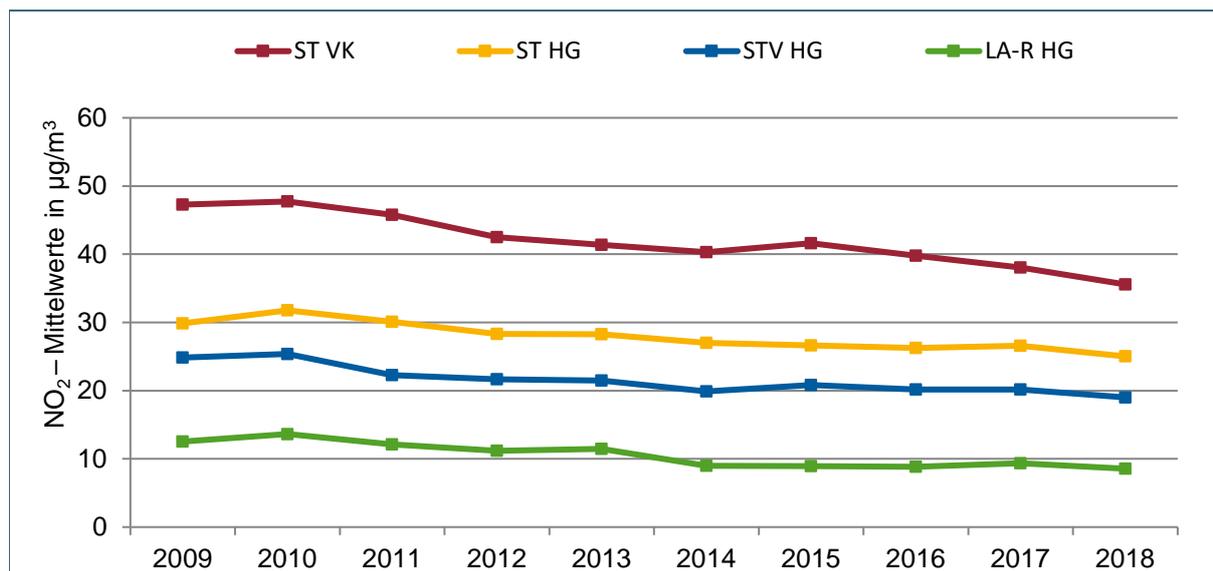


Abb. 11: Stickstoffdioxid (NO₂) – Entwicklung der Belastung in den Belastungsniveaus städtischer Verkehr (ST VK), städtischer Hintergrund (ST HG), vorstädtischer Hintergrund (STV HG) und ländlich regionaler Hintergrund (LA-R HG)

4.2 Feinstaub (PM₁₀ und PM_{2,5})

Alle LÜB-Messstationen zeigen eine signifikante Abnahme der PM₁₀-Konzentration über die letzten 10 Jahre bzw. den jeweiligen Auswertzeitraum. Am stärksten ist der rückläufige Trend an den verkehrsbelasteten Messstationen München/Landshuter Allee (16,8 µg/m³) und Augsburg/Königsplatz (15,9 µg/m³) ausgeprägt. Bei dem beobachteten Rückgang am Königsplatz sind auch Umbaumaßnahmen beteiligt, die in den Jahren 2012 und 2013 durchgeführt wurden. 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

⁵ Für die Messstation Bad Hindelang/Oberjoch in der Kategorie LA-R HG (erster Jahresmittelwert im Jahr 2011) wurden über Korrelationen zum Rest des Messkollektivs und des gesamten Zeitraums für die fehlenden Jahre 2009 und 2010 Jahresmittelwerte abgeschätzt. Die Messstation liefert die geringsten Werte im Kollektiv und ohne diese Maßnahme wäre der Mittelwert in 2009 und 2010 systematisch erhöht. Alternativ hätte die Messstation aus dem Kollektiv fallen müssen.

Generell wird bei Messlücken geprüft, ob der fehlende Jahresmittelwert einen signifikanten Einfluss auf den Mittelwert hat. Dies war im Auswertzeitraum nicht der Fall.

dafür war eine sehr ausgeprägte Inversionswetterlage, die einen Luftaustausch der bodennahen Luftschicht mit höheren Luftschichten über längere Zeit verhinderte. Der rückläufige 10-Jahres-Trend wird hierdurch etwas gedämpft. An höhergelegenen Messstationen wie bei Tiefenbach und Andechs ist der Anstieg 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.

Die Abb. 12 zeigt die Entwicklung der Belastung für die verschiedenen Belastungsniveaus nach der 39. BImSchV [2]. Je Kategorie und Jahr wurde ein Mittelwert über alle Jahresmittelwerte der aktuell aktiven Messstationen, deren Messzeitreihen mindestens die 10 ausgewerteten Jahre umfassen⁵, gebildet. So wird vermieden, dass durch Änderungen der Stationszahlen oder Messlücken innerhalb einer Kategorie bzw. Kollektivs systematische Änderungen – insbesondere bei wenigen Stationen oder bei Stationen mit deutlich vom Mittelwert abweichenden Belastungen – einfließen können. Die Grafik zeigt für alle Belastungsniveaus eine Abnahme der PM₁₀-Konzentrationen über den gesamten Zeitraum. Neben den Emissionen hat die Meteorologie – insbesondere der Wind – großen Einfluss auf die Immissionssituation. Kein Jahr gleicht hier dem anderen und einzelne Jahre können besonders stark von den mittleren Verhältnissen abweichen. Dies ist bei Bewertung der Verläufe zu berücksichtigen. Im Jahr 2017 hat die außergewöhnliche Inversionswetterlage Einfluss auf den Jahresmittelwert, im Jahr 2018 wirkt sich das extrem trockene Sommerhalbjahr mit vermehrter Staubaufwirbelung aus.

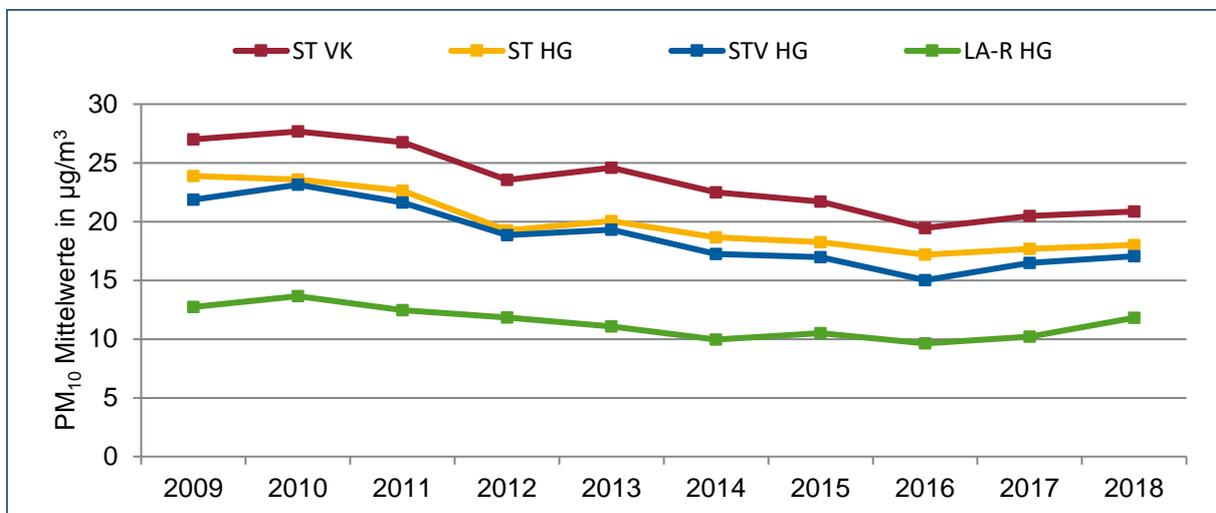


Abb. 12: Feinstaub-PM₁₀ – Entwicklung der Belastung in den Belastungsniveaus städtischer Verkehr (ST VK), städtischer Hintergrund (ST HG), vorstädtischer Hintergrund (STV HG) und ländlich regionaler Hintergrund (LA-R HG)

Bei der Komponente Feinstaub-PM_{2,5} ist der Mindestauswertungszeitraum von sechs Jahren für die Langzeitbetrachtung erst an 13 von aktuell 32 Messstationen erreicht. Die ersten offiziellen PM_{2,5}-Messungen starteten zu Beginn des Jahres 2008. An der Mehrzahl der untersuchten Messstationen ist ein deutlicher Rückgang zu verzeichnen. Im Januar 2017 ist an den meisten Messstationen wie bei PM₁₀ ein sehr starker Peak zu erkennen, der auf die oben genannte außergewöhnliche Inversionswetterlage zurückzuführen ist.

4.3 Ozon

Die Trendauswertung zeigt über die letzten 10 Jahre an nahezu allen Messstationen einen signifikant zunehmenden Trend. Die größte Zunahme an Messstationen mit Messzeitraum von 10 Jahren ist mit $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an der sehr ländlich geprägten und höhergelegenen Messstation Tiefenbach/Altenschneeberg zu verzeichnen. Die mit Abstand größte Zunahme zeigt die Messstation Saal a.d.Donau/Auf dem Gries mit $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in 6 Jahren. Weitere Informationen rund um Ozon und insbesondere zur Entwicklung sind im Internet [23] verfügbar.

4.4 Kohlenmonoxid und Schwefeldioxid

Die Kohlenmonoxidkonzentrationen nehmen an allen verkehrsnahen LÜB-Messstationen weiterhin signifikant ab. Nur an der Messstation für den vorstädtischen Hintergrund – Station Augsburg/LfU – bleiben die Konzentrationen über 10 Jahre betrachtet konstant.

Der stärkste Rückgang ist mit $0,29 \text{ mg}/\text{m}^3$ in den letzten zehn Jahren an der Messstation Augsburg/Königsplatz zu verzeichnen. Im grafischen Verlauf ist von 2011 bis 2013 ein deutlicher Rückgang des Belastungsniveaus zu erkennen, der mit Umbaumaßnahmen des Königsplatzes beginnend im Frühjahr 2012 bis Ende 2013 zu erklären ist.

Kohlenmonoxid entsteht überwiegend bei unvollständigen Verbrennungsprozessen in Motoren und kleineren Feuerungsanlagen. Dementsprechend gelten als Hauptverursacher der Kohlenmonoxidimmissionen 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 ab Beginn 2018 die Messungen für Schwefeldioxid an den LÜB-Messstationen eingestellt. Der letzte Auswertzeitraum über 10 Jahre erstreckt sich daher von 2008 bis 2017.

Trotz des seit vielen Jahren sehr geringen Belastungsniveaus zeigen alle zwölf LÜB-Messstationen bei Schwefeldioxid über den 10-jährigen Auswertzeitraum von 2008 bis 2017 (Messende) weiterhin Abnahmen, davon sind sieben signifikant. Am deutlichsten ist die Abnahme an der Station Augsburg/Königsplatz mit $3,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, knapp gefolgt von der Station München/Stachus mit $2,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

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 [27], Langzeitverläufe seit Messbeginn), ist auf emissionsmindernde Maßnahmen in sämtlichen Sektoren, insbesondere im Bereich Kraft- und Heizwerke, sowie auf schwefelarme Kraftstoffe zurückzuführen.

5 Ergebnisse der Staubbiederschlagsmessung

Neben den kontinuierlichen Immissionsmessungen wurden vom LfU im Rahmen der lufthygienischen Überwachung in 2018 an 20 LÜB-Messstationen Staubbiederschlagsmessungen nach dem Bergerhoff-Verfahren [10] durchgeführt. Zusätzlich wird zur Bestimmung der Hintergrundbelastung der Staubbiederschlag an sieben Standorten der immissionsökologischen Dauerbeobachtung gemessen. Damit kann im Rahmen der Umweltbeobachtung bei Analyse von Langzeitbetrachtungen ein Belastungstrend oder der Erfolg von Minderungsmaßnahmen erkannt werden.

5.1 Erläuterung

5.1.1 Allgemeines

Bei der Staubbiedepositionsmessung werden genormte Becher mit einem definierten Öffnungsquerschnitt circa vier Wochen lang im Freien exponiert. Alle Partikel, die in Luft absinken (deponieren) und innerhalb des Öffnungsquerschnitts in den Becher gelangen (auch Niederschlag wie Regen und Schnee), werden damit erfasst. Eine Kontrolle der Messstelle erfolgt in diesem Zeitraum nicht. Daher ist dieses Messverfahren zufälligen oder gewollten Verunreinigungen (Blätter, Vogelkot, bzw. Vandalismus) stärker ausgesetzt als z. B. die Messung der Feinstaubfraktion PM_{10} in der Umgebungsluft. Am Ende des Expositionszeitraums werden erkennbare Verunreinigungen vor der Laboranalyse entfernt bzw. verunreinigte Proben werden nicht ausgewertet. Proben mit Verunreinigungen, die sich optisch nicht erkennen lassen, durchlaufen die übliche Laboranalyse und Auswertung.

Die Staubbiedepositionswerte (Staubbiederschlag) repräsentieren somit die Menge an Partikeln in der Umgebungsluft, die auf dem Boden bzw. auf waagrechten Oberflächen abgelagert wird. Sie geben nicht die Staubbiedelastung der Atemluft wieder, da die Deposition von Staub auch grobe und sehr grobe Partikel enthalten kann, die nicht einatembar sind. In der Atemluft sind grobe Partikel nicht enthalten; dafür können auch sehr feine Partikel (z. B. ultrafeine Partikel $< 0,1 \mu m$ Durchmesser) eingeatmet werden, die bei der Staubbiedeposition praktisch keine Rolle spielen.

Depositionswerte werden angegeben in $mg/(m^2 \times d)$ bzw. $\mu g/(m^2 \times d)$ (Milligramm pro Quadratmeter und Tag bzw. Mikrogramm pro Quadratmeter und Tag). Dies bedeutet, dass auf einer Fläche von einem Quadratmeter jeden Tag durchschnittlich die angegebene Masse an Staub oder an Staubbiedehaltstoff abgelagert wird. Die Angaben sind als Mittelwert über einen Monat zu verstehen. Möchte man die über einen ganzen Monat abgelagerte Masse wissen, sind die Angaben $mg/(m^2 \times d)$ bzw. $\mu g/(m^2 \times d)$ mit der Anzahl der Tage des betreffenden Monats zu multiplizieren.

5.1.2 Analytik der Inhaltsstoffe

Die Staubbiederschlagsproben werden nach der Wägung auf ihren Gehalt an Metallen untersucht. Der Fokus liegt im Bereich der toxikologisch relevanten Spurenmetalle und umfasst die Elemente Aluminium, Antimon, Arsen, Barium, Blei, Cadmium, Cer, Chrom, Eisen, Kobalt, Kupfer, Lanthan, Mangan, Molybdän, Nickel, Niob, Thallium, Titan, Vanadium, Wismut, Zink und Zinn. In der TA Luft [16] sind Immissionswerte für Staubbiederschlag sowie für Arsen, Blei, Cadmium, Nickel und Thallium als Bestandteil des Staubbiederschlags festgelegt. Für die restlichen Komponenten sind keine Immissions- bzw. Beurteilungswerte festgelegt.

5.1.3 Wiederfindungsraten

Meist liegen die interessierenden Stoffe in den Staubbiedeproben nicht in Reinform (Element), sondern als chemische Verbindung mit Sauerstoff (z. B. Oxide) oder anderen Elementen vor. Die Proben müssen für den möglichst quantitativen Nachweis der Inhaltsstoffe daher einem Säureaufschluss (DIN EN

15841 [29]) unterzogen werden. Trotz des Säureaufschlusses können bei einigen Metallen die Verbindungen des Metalls nicht vollständig in Lösung gebracht werden. Der Anteil, der gelöst und dann analysiert werden kann, wird als Wiederfindungsrate bezeichnet. Die Wiederfindungsrate z. B. von Aluminium liegt mit dem seit dem Jahr 2011 eingesetzten Verfahren bei circa 70 %; das heißt von dem als Metall oder als chemische Verbindung in der Probe vorhandenen Aluminium lassen sich ungefähr 70 % nachweisen. Das Verfahren, das vor dem Jahr 2011 angewandt wurde, lieferte deutlich geringere Wiederfindungsraten und damit niedrigere Analysenergebnisse. Daher ist bei den Werten für Aluminium und einigen anderen Inhaltsstoffen seit 2011 ein Anstieg zu beobachten, der großteils auf die verbesserte Wiederfindungsrate zurückzuführen ist. Die Wiederfindungsrate hängt von den in der Staubprobe enthaltenen Verbindungen des jeweiligen Metalls und von der Staubzusammensetzung ab und kann deshalb schwanken. Aus diesem Grund werden die Metallgehalte nicht von z. B. 70 % auf insgesamt 100 % hochgerechnet. Auch wenn bestimmte Metalle nicht vollständig erfasst werden, können die Gehalte doch Anhaltspunkte auf mögliche Verursacher liefern. Die Analysenergebnisse für Titan werden aufgrund der geringen Wiederfindungsraten nicht veröffentlicht. Bei der Betrachtung und Interpretation von langjährigen Zeitreihen muss die verbesserte Wiederfindungsrate seit dem Jahr 2011 berücksichtigt werden. Auf die Gesamtstaubmenge hat die verbesserte Aufschlussmethode keine Auswirkungen.

5.1.4 Quelle der Inhaltsstoffe, Ausreißer

Bei der angewandten Analysenmethode kann nicht unterschieden werden, ob ein Metall als Element oder als Verbindung in der Staubprobe vorliegt. Die Messmethode kann auch nicht zwischen natürlichen und anthropogenen Quellen unterscheiden. Von Bedeutung ist, dass die beiden Elemente Aluminium und Eisen nach Sauerstoff und Silizium die häufigsten Elemente der Erdkruste darstellen und relativ hohe Gehalte z. B. in Mineralstaub (Feldspat, Tonmineralien) aufweisen.

Bei bestimmten Metallen (z. B. Barium und Aluminium) ergeben sich regelmäßig deutlich erhöhte Gehalte bei Proben, die über Silvester/Neujahr exponiert waren und anteilig sowohl im Dezember- als auch im Januarmittelwert einfließen. Ursache ist das Silvesterfeuerwerk; in den Treib- und Explosivsätzen werden diese Metalle bevorzugt eingesetzt. Auch nahe gelegene Baustellen oder Straßenbahnlinien (Abrieb von Schienen und Stromabnehmern der Oberleitung) können die Messwerte deutlich ansteigen lassen. Erfahrungsgemäß treten im Herbst erhöhte Manganwerte auf, wenn die Proben durch Laub verunreinigt waren. Für weitere Informationen zur Kommentierung deutlich erhöhter Werte siehe Kapitel 4.2.

5.1.5 Bestimmungsgrenzen

Sowohl das Messverfahren nach Bergerhoff [10] als auch die Inhaltsstoffanalytik haben Bestimmungsgrenzen, unterhalb derer die Angabe eines sicheren Depositionswertes nicht mehr möglich ist. In diesem Fall wird als Messergebnis der Wert der jeweiligen Bestimmungsgrenze mit vorangestelltem „<“ Zeichen angegeben. Liegt ein Probenergebnis unter der jeweiligen Bestimmungsgrenze, fließt der halbe Wert der Bestimmungsgrenze in die Berechnung der Monats- und Jahresmittelwerte ein.

5.2 Messergebnisse

Die naturgemäß meist vom exakten Monatsintervall abweichenden Expositionszeiträume werden aus Gründen der Vergleichbarkeit auf den Tag genau auf Monatsmittelwerte umgerechnet. Die Jahresmittelwerte werden aus den Einzelproben entsprechend ihrer Expositionszeiträume im Auswertejahr berechnet. Die Mindestdatenverfügbarkeit zur Angabe eines Monats- bzw. Jahresmittelwerts wird mit 75 % angesetzt. Die Jahresmittelwerte der Deposition von Gesamtstaub und dessen Inhaltsstoffe sind in Tab. 11 (LÜB-Messstationen) und Tab. 12 (Standorte der immissionsökologischen Dauerbeobachtung) zusammengestellt. Darüber hinaus sind die Monatsmittelwerte im Internet [28] verfügbar.

Die dargestellten Messergebnisse des Auswertejahres werden vor der Veröffentlichung anhand geeigneter Grafiken auf Auffälligkeiten hin überprüft. Des Weiteren wird der Einfluss jedes einzelnen Probenwerts auf den Jahresmittelwert (Faktor aus [Jahresmittelwert] zu [Mittelwert ohne Einzelprobe]) berechnet. Einzelwerte, die zu mindestens einer Verdopplung des Jahresmittelwerts führen, werden als „extreme Erhöhung“ kommentiert. Ab etwa einem Faktor 1,5 wird – auch in Abhängigkeit des Jahresgangs und des Verlaufs anderer Stoffe am gleichen Standort – auf erhöhte Werte hingewiesen. Liegen darüber hinaus Informationen zu möglichen Quellen oder Ursachen vor, werden diese bei der Kommentierung mit angegeben (z. B. Silvesterfeuerwerk, Laubeintrag, bekannte Baustelle usw.). Betroffene Werte werden nicht entfernt und fließen damit auch in den Jahresmittelwert ein. In den Tab. 11 und Tab. 12 mit allen Jahresmittelwerten sind betroffene Werte deshalb grau markiert. Eine weitere Plausibilitätsprüfung der Analysenergebnisse erfolgt nicht.

Verglichen mit der Gesamtzahl der Messergebnisse treten auffällige Werte sehr selten auf. Wenn einzelne Probenergebnisse fehlen, liegt der Grund meist in einer Verunreinigung der Probe oder einer Beschädigung des Sammelgefäßes/Bechers, wodurch eine aussagekräftige Ermittlung der Deposition anhand des verbliebenen Inhalts nicht mehr möglich ist. Im Winter kommt es beispielsweise häufig zu Frostbruch.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Staubniederschlagsmessungen kurz zusammengefasst. Eine ausführliche Dokumentation der Messergebnisse in Form von Monatsmittelwerten ist im Internet unter der Rubrik Auswertungen -> Weitere Auswertungen -> Staubniederschlag und Inhaltsstoffe [28] verfügbar.

5.2.1 Gesamtstaubniederschlag⁶

Die Staubniederschlagsbelastung blieb an den meisten Messstationen deutlich unter der Bezugsgröße der TA Luft [16] von $0,35 \text{ g}/(\text{m}^2 \times \text{d})$. Der höchste Wert wurde mit $0,233 \text{ g}/(\text{m}^2 \times \text{d})$ an der Messstation München/Stachus gemessen, gefolgt von den Messstationen Augsburg/Königsplatz mit $0,192 \text{ g}/(\text{m}^2 \times \text{d})$ und München/Landshuter Allee mit $0,170 \text{ g}/(\text{m}^2 \times \text{d})$. Nach Stationskategorie klassifiziert bewegte sich die Deposition (jeweils ohne höchsten und niedrigsten Wert) in folgenden Bandbreiten: an Verkehrsmessstationen zwischen $69 \text{ mg}/(\text{m}^2 \times \text{d})$ und $192 \text{ mg}/(\text{m}^2 \times \text{d})$, im städtischen und vorstädtischen Hintergrund zwischen $49 \text{ mg}/(\text{m}^2 \times \text{d})$ und $75 \text{ mg}/(\text{m}^2 \times \text{d})$, im ländlichen Hintergrund zwischen $27 \text{ mg}/(\text{m}^2 \times \text{d})$ und $61 \text{ mg}/(\text{m}^2 \times \text{d})$. Fast alle LÜB-Messstellen zeigen gegenüber dem Vorjahr Zunahmen der Gesamtstaubniederschlagsmenge. Die Mittelwerte der verschiedenen Stationskategorien liegen etwa 20 % bis 25 % höher. Hier macht sich auch das in vielen Abschnitten außergewöhnlich trockene und im Mittel sehr warme Jahr 2018 bemerkbar, wodurch vom häufiger trockenen bzw. ausgetrockneten Boden mehr Staub aufgewirbelt werden kann – sei es beispielsweise durch Wind, Straßenverkehr oder Landwirtschaft.

⁶ Korrektur der Werte für Gesamtstaubniederschlag im April 2021 (siehe Hinweis unterhalb Tab. 12)

5.2.2 Inhaltsstoffe im Staubniederschlag

Wie beim Gesamtstaubniederschlag ist auch bei dessen Inhaltsstoffen zumeist eine deutliche Zunahme zu verzeichnen. Für die analysierten Inhaltsstoffe im Staubniederschlag, für die ein Grenzwert nach TA Luft [16] vorgegeben ist (Arsen, Blei, Cadmium, Nickel, Thallium, Zink), liegen mit Ausnahme einer Messstation die Werte deutlich unter den Immissionswerten. An der LÜB-Messstation Augsburg/Königsplatz wurde mit $17,0 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \times \text{d})$ im Jahresmittel wieder die höchste Nickeldeposition gemessen, die knapp über dem Immissionswert der TA Luft von $15 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \times \text{d})$ [16] liegt. Wenige Meter neben der Messstation am Königsplatz führt eine Hauptlinie des Straßenbahnnetzes der Stadt Augsburg vorbei. Während des Umbaus des Königsplatzes vom Frühjahr 2012 bis Ende 2013 war der Straßenbahnverkehr eingestellt. Die Nickeldeposition nahm in dieser Zeit deutlich ab.

Tab. 11: Jahresmittelwerte des Gesamtstaubniederschlags angegeben in mg/(m² x d) und dessen Inhaltsstoffe angegeben in µg/(m² x d) im Jahr 2018 im LÜB-Messnetz

Stationstyp	LÜB-Station	Gesamtstaub*	Aluminium	Antimon	Arsen	Barium	Blei	Cadmium	Cer	Chrom	Eisen	Kobalt	Kupfer	Lanthan	Mangan	Molybdän	Nickel	Niob	Thallium	Vanadium	Wismut	Zink	Zinn
ST VK	Augsburg / Königsplatz	192	837	1,12	0,608	32,1	4,54	0,057	1,91	43,4	4340	0,742	40,0	0,862	90,9	1,66	17,0	0,205	<0,05	2,48	0,328	63,8	5,52
ST VK	Bayreuth / Hohenzollernring	65	1090	1,18	0,424	44,4	3,05	0,067	2,07	6,77	1740	0,755	31,6	0,892	33,3	0,772	3,18	0,353	<0,05	3,14	0,308	63,0	5,21
ST VK	Kelheim / Regensburger Straße	69	731	0,728	0,370	35,6	9,43	0,079	1,54	4,8	915	0,334	13,5	0,751	26,0	0,647	2,4	0,145	<0,05	1,43	0,19	54,4	2,18
ST VK	Landshut / Podewilsstraße	89	781	0,940	0,555	54,2	52,0	0,149	1,40	4,7	1070	0,422	19,0	0,670	29,6	0,631	1,7	0,127	<0,05	1,51	0,234	147	5,46
ST VK	Lindau (Bodensee) / Friedrichshälerer Straße	122	498	0,792	0,308	13,0	2,77	0,059	0,78	3,0	680	0,22	15,1	0,35	50,8	0,536	1,24	0,0916	<0,05	1,11	0,210	35,9	2,57
ST VK	München / Landshuter Allee	170	1230	4,67	0,621	44,2	4,70	0,085	2,41	15,0	2870	0,729	80,9	1,05	54,0	2,65	4,10	0,415	<0,05	2,81	0,970	139	17,3
ST VK	München / Stachus	233	1320	3,32	0,744	66,8	7,24	0,122	2,78	25,1	4190	0,780	106	1,39	88,6	2,93	6,36	0,433	<0,05	3,13	1,21	203	22,1
ST VK	Nürnberg / Bahnhof	70	862	1,35	0,476	25,2	6,37	0,070	1,47	7,92	1870	0,513	30,8	0,710	39,7	1,11	3,37	0,244	<0,05	2,04	0,294	60,0	4,35
ST VK	Regensburg / Rathaus	115	1430	1,96	0,598	35,4	8,30	0,099	4,31	8,26	2030	0,617	34,2	1,84	40,5	1,03	3,21	0,412	<0,05	2,92	0,409	75,4	6,31
ST HG	Schweinfurt / Obertor	75	929	0,621	0,396	29,3	3,31	0,079	1,54	5,37	1050	0,499	15,4	0,702	33,6	0,521	2,85	0,243	<0,05	1,99	0,17	32,2	2,28
STV HG	Augsburg / LfU	43	399	0,32	0,213	9,44	0,04	1,44	0,60	2,1	415	0,15	6,90	0,29	17,5	0,223	1,02	0,0627	<0,05	0,802	0,10	18,8	1,02
STV HG	Burghausen / Marktier Straße	87	728	1,42	0,383	15,7	2,13	0,054	1,23	4,2	957	0,28	15,1	1,55	38,9	0,805	2,1	0,144	<0,05	1,49	0,378	51,0	1,97
STV HG	Hof / LfU	59	790	0,500	0,326	11,6	0,066	1,67	1,07	4,0	977	0,452	12,8	0,47	37,0	0,338	2,50	0,161	<0,05	2,16	0,12	30,2	1,49
STV HG	München / Johanneskirchen	75	774	0,42	0,354	10,6	1,68	0,110	1,27	2,5	690	0,26	7,04	0,583	23,2	0,273	1,3	0,0991	<0,05	1,42	0,12	31,5	1,43
STV HG	Saal a.d.Donau / Auf dem Gries	53	679	1,13	0,322	13,7	1,72	0,105	1,40	2,8	726	0,25	10,5	0,686	22,1	0,374	1,3	0,121	<0,05	1,33	0,15	33,8	1,41
STV HG	Schwandorf / Wackersdorfer Straße	65	740	0,584	0,302	12,8	1,73	0,053	1,57	2,9	733	0,28	10,7	0,685	24,8	0,353	1,6	0,124	<0,05	1,34	0,13	26,7	1,73
STV HG	Würzburg / Kopfklinik	49	634	0,530	0,254	21,6	2,15	0,04	1,02	3,9	752	0,27	13,6	0,47	23,8	0,375	1,8	0,179	<0,05	1,32	0,11	22,1	1,49
LA-ST HG	Naila / Selbitzer Berg	44	883	0,39	0,390	31,4	3,78	0,061	1,41	3,7	972	0,426	9,60	0,637	22,9	0,258	2,0	0,142	<0,05	2,17	0,16	33,1	1,39
LA-R HG	Andechs / Rothenfeld	61	514	0,22	0,244	6,26	1,27	0,05	0,71	1,5	411	0,17	3,8	0,33	19,2	0,288	1,9	0,0585	<0,05	1,05	0,07	14,5	0,65
LA-R HG	Tiefenbach / Altenschneeberg	67	590	0,19	0,441	14,9	1,50	0,115	0,75	1,6	454	0,25	4,5	0,34	119	0,158	2,1	0,0808	<0,05	1,13	0,07	21,6	0,5

Legende:

einzelner Probenwert enthalten, der den Jahresmittelwert deutlich beeinflusst (bei Ba keine Markierung bei erhöhten Proben, die auch zum Silvesterfeuerwerk exponiert waren)

< Wert liegt unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze

Stationstyp/-klassifizierung: LA: ländlich, R: regional, ST: städtisch, HG: Hintergrund, VK: Verkehr

LfU: Landesamt für Umwelt, LÜB: Lufthygienisches Landesüberwachungssystem Bayern

* siehe Hinweis unterhalb Tab. 12

Tab. 12: Jahresmittelwerte des Gesamtstaubniederschlags angegeben in $\text{mg}/(\text{m}^2 \times \text{d})$ und dessen Inhaltsstoffe angegeben in $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \times \text{d})$ im Jahr 2018 der immissionsökologischen Dauerbeobachtungsstationen (DBS)

Stationstyp	Immissionsökologische DBS	Gesamtstaub*	Aluminium	Antimon	Arsen	Barium	Blei	Cadmium	Cer	Chrom	Eisen	Kobalt	Kupfer	Lanthan	Mangan	Molybdän	Nickel	Niob	Thallium	Vanadium	Wismut	Zink	Zinn
	Bidingen RW 4404550, HW 5297345	33	357	0,22	0,200	3,8	0,04	0,04	0,5	0,9	276	0,12	4,1	0,23	10,1	0,160	0,55	0,045	< 0,05	0,739	0,07	10,3	0,5
	Eining RW 4484072, HW 5413420	27	472	0,20	0,235	4,3	0,04	0,04	0,69	1,2	357	0,14	2,6	0,39	13,5	0,125	0,65	0,0604	< 0,05	0,886	0,06	8,4	0,4
	Grassau RW 4533600, HW 5294790	26	304	0,25	0,207	4,1	0,04	0,04	0,4	0,9	262	0,11	3,1	0,20	9,45	0,168	0,58	0,043	< 0,05	0,651	0,09	9,6	0,67
LA-R HG	Kulmbach RW 4457360, HW 5550280	30	422	0,21	0,19	5,00	0,05	0,05	0,84	1,2	386	0,18	2,5	0,39	28,6	0,120	0,75	0,0846	< 0,05	0,888	0,05	10,3	0,4
	Möhrendorf RW 4426883, HW 5499267	27	370	0,20	0,19	4,1	0,03	0,03	0,60	1,0	297	0,14	2,5	0,28	22,7	0,124	0,65	0,0723	< 0,05	0,722	0,05	7,5	0,4
	Weibersbrunn RW 4316715, HW 5532870	27	340	0,23	0,215	4,0	0,05	0,05	0,52	1,0	281	0,12	2,6	0,26	17,4	0,148	0,63	0,0691	< 0,05	0,684	0,05	9,4	0,4
	Augsburg RW 4419196, HW 5356264	63	451	0,34	0,372	35,8	0,03	0,03	0,66	1,9	465	0,16	7,89	0,32	15,9	0,292	0,89	0,0685	< 0,05	0,894	0,10	18,7	0,95

Legende:

einzelner Probenwert enthalten, der den Jahresmittelwert deutlich beeinflusst (bei Ba keine Markierung bei erhöhten Proben, die auch zum Silvesterfeuerwerk exponiert waren)

< Wert liegt unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze

Stationstyp/-klassifizierung: LA: ländlich, R: regional, ST: städtisch, HG: Hintergrund

* Hinweis zu den Angaben beim Gesamtstaubniederschlag:

Die Angaben zum Gesamtstaubniederschlag wurden im April 2021 korrigiert (Korrekturfaktor 0,735, angewandt auf die zugrundeliegenden Einzelprobenergebnisse). Hintergrund: Zum Jahreswechsel 2017/2018 wurde bei der Staubniederschlagsmessung auf neue Sammelgefäße mit größerem Öffnungsquerschnitt umgestellt. Bei der laborseitigen Ermittlung des Gesamtstaubniederschlags aus dem gesammelten Probeninhalt wurde bei Umrechnung der ausgewogenen Masse auf die Depositionseinheit (Masse pro Fläche und Zeitraum) versehentlich der kleinere Öffnungsquerschnitt der vorher verwendeten Becher herangezogen. Dies führte zu um den Faktor 1,36 höheren Probenergebnissen, als tatsächlich vorlagen. Die Werte für die Staubinhaltsstoffe sind nicht betroffen.

6 Externe Messungen: Stadt Nürnberg

Die Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg (SUN), Eigenbetrieb der Stadt Nürnberg, betreibt auf dem Stadtgebiet mehrere Luftmessstationen zur kontinuierlichen Überwachung der Qualität der Außenluft. Die von der SUN für das Jahr 2018 übermittelten Messergebnisse sind nachfolgend dargestellt. Es handelt sich um keine Messdaten zur Beurteilung der Luftqualität gemäß 39. BImSchV [2].

Tab. 13: Immissionsmessergebnisse 2018 der Stadt Nürnberg Tab. 14: Immissionsmessergebnisse 2018 der Stadt Nürnberg

PM₁₀	Luftmessstation	Jahresmittelwert (µg/m³)	Anzahl Tage mit Tagesmittelwert > 50 µg/m³
	Jakobsplatz	20	5
	Flughafen	17	1

PM_{2,5}	Luftmessstation	Jahresmittelwert (µg/m³)
	Jakobsplatz	14
	Flughafen	–

O₃	Luftmessstation	Anzahl Tage 8-h-MW > 120 µg/m³	AOT40 µg/m³ × h
	Jakobsplatz	53	31354
	Flughafen	75	33394

NO₂	Luftmessstation	Jahresmittelwert (µg/m³)
	Jakobsplatz	28
	Muggenhof	27
	Flughafen	18

Benzol	Luftmessstation	Jahresmittelwert (µg/m³)
	Flughafen	–

„–“: Ausfallrate angegeben mit > 10 %

7 Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Übersicht der bayerischen Luftmessstationen	8
Tab. 2:	Bestückungsliste der Luftmessstationen	10
Tab. 3:	Eingesetzte Messgeräte im Luftmessnetz	12
Tab. 4:	Grenzwerte (GW), Alarmschwellen und Zielwerte (ZW) der 39. BImSchV [2]	14
Tab. 5:	Immissions-, Richt-, Leit-, Schwellen- und Zielwerte	15
Tab. 6:	Kurzübersicht der Beurteilungskenngrößen mit Bezugszeiträumen, Einheiten und Paragraphen der 39. BImSchV [2] für Stickstoffdioxid (NO ₂), Feinstaub (PM ₁₀ , PM _{2,5}), Benzol (BZL), Kohlenmonoxid (CO) und Ozon (O ₃) zur Bewertung der Ergebnisse in Tab. 7	19
Tab. 7:	Immissionskenngrößen für das Jahr 2018 – bei Jahresmittelwerten (JMW) Einheit in µg/m ³ , bei AOT40 Einheit in (µg/m ³) × h, bei Überschreitungshäufigkeiten (ÜS) Anzahl, bei CO Einheit in mg/m ³	20
Tab. 8:	Immissionskenngrößen für das Jahr 2018 – Jahresmittelwerte der Inhaltsstoffe Blei (Pb), Arsen (As), Cadmium (Cd), Nickel (Ni) und Benzo[a]pyren (B[a]P) in der PM ₁₀ -Fraktion. In der Klammer nach dem Stoffnamen sind der Grenzwert bzw. für B[a]P der Zielwert angegeben. Die angegebenen Werte haben mit Ausnahme von Blei (in µg/m ³) als Einheit ng/m ³ .	22
Tab. 9:	Zielwert für Ozon zum Schutz der menschlichen Gesundheit 2016 – 2018. Anzahl der Überschreitungen des höchsten 8-Stunden-Mittelwerts eines Tages von > 120 µg/m ³ , gemittelt über drei Kalenderjahre (sortiert nach Stationstyp).	34
Tab. 10:	Zielwert für Ozon zum Schutz der Vegetation 2014 – 2018. AOT40 in µg/m ³ × h, gemittelt über fünf Kalenderjahre (sortiert nach Stationstyp)	35
Tab. 11:	Jahresmittelwerte des Gesamtstaubniederschlags angegeben in mg/(m ² × d) und dessen Inhaltsstoffe angegeben in µg/(m ² × d) im Jahr 2018 im LÜB-Messnetz	46
Tab. 12:	Jahresmittelwerte des Gesamtstaubniederschlags angegeben in mg/(m ² × d) und dessen Inhaltsstoffe angegeben in µg/(m ² × d) im Jahr 2018 der immissionsökologischen Dauerbeobachtungsstationen (DBS)	47
Tab. 13:	Immissionsmessergebnisse 2018 der Stadt Nürnberg Tab. 13: Immissionsmessergebnisse 2018 der Stadt Nürnberg	48

8 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Karte mit den Messstationen des Lufthygienischen Landesüberwachungssystems Bayern (LÜB)	7
Abb. 2:	Stickstoffmonoxid (NO) – Jahresmittelwerte (absteigend sortiert)	23
Abb. 3:	Stickstoffdioxid (NO ₂) – Jahresmittelwerte (absteigend sortiert); die rote Linie markiert den Grenzwert der 39. BImSchV [2] von 40 µg/m ³ .	25
Abb. 4:	Feinstaub-PM ₁₀ – Jahresmittelwerte (absteigend sortiert); die rote Linie markiert den Grenzwert der 39. BImSchV [2] von 40 µg/m ³ .	27
Abb. 5:	Feinstaub-PM ₁₀ – Anzahl der Überschreitungen des Tagesmittelwertes ohne Abzug des Streusalzanteils nach § 25 der 39. BImSchV [2] (absteigend sortiert nach Jahresmittelwert, vergleiche Abb. Abb. 4). Die rote Linie markiert die maximal zulässige Überschreitungsanzahl von 35 Tagen.	28
Abb. 6:	Feinstaub-PM _{2,5} – Jahresmittelwerte (absteigend sortiert); die rote Linie markiert den Grenzwert der 39. BImSchV [2] von 25 µg/m ³ .	29
Abb. 7:	Ozon (O ₃) – Jahresmittelwerte (absteigend sortiert), für die LÜB-Station in Burghausen liegt keine ausreichende Datenverfügbarkeit vor.	31
Abb. 8:	Ozon (O ₃) – Anzahl der Tage mit Überschreitung eines maximalen 8-Stunden-Mittelwerts (im Kalenderjahr, absteigend sortiert nach Jahresmittelwert entsprechend Abb. 7	32
Abb. 9:	Ozon (O ₃) – AOT40 (im Kalenderjahr, absteigend sortiert nach Jahresmittelwert, vergleiche Abb. 7). Die sieben Messstationen mit grau eingefärbten Wertebalken liegen im städtischen Hintergrund und fließen nicht in die Beurteilung zum Schutz der Vegetation ein.	33
Abb. 10:	Kohlenmonoxid (CO) – Jahresmittelwerte und maximaler 8-Stunden-Mittelwert (absteigend sortiert nach Jahresmittelwert); die rote Linie markiert den Grenzwert der 39. BImSchV [2] von 8 mg/m ³ .	36
Abb. 11:	Stickstoffdioxid (NO ₂) – Entwicklung der Belastung in den Belastungsniveaus städtischer Verkehr (ST VK), städtischer Hintergrund (ST HG), vorstädtischer Hintergrund (STV HG) und ländlich regionaler Hintergrund (LA-R HG)	39
Abb. 12:	Feinstaub-PM ₁₀ – Entwicklung der Belastung in den Belastungsniveaus städtischer Verkehr (ST VK), städtischer Hintergrund (ST HG), vorstädtischer Hintergrund (STV HG) und ländlich regionaler Hintergrund (LA-R HG)	40

9 Literaturverzeichnis

- [1] Bayerisches Landesamt für Umwelt:
Startseite > Themen > Luft > Immissionsmessungen > Messwertarchiv.
<https://www.lfu.bayern.de/luft/immissionsmessungen/messwertarchiv/index.htm>
- [2] 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 2 der Verordnung zum Erlass der Verordnung über nationale Verpflichtungen zur Reduktion der Emissionen bestimmter Luftschadstoffe vom 18. Juli 2018.
BGBl. I (2018) 28, S. 1222–1231
- [3] 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 Art. 1 des Dreizehnten Gesetzes zur Änderung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes vom 08. April 2019.
BGBl. I (2019) 12, S. 432–433
- [4] 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
- [5] 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
- [6] 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
- [7] Bayerisches Immissionsschutzgesetz (BayImSchG) vom 8. Oktober 1974.
GVBl. (1974) 21, S. 479–502
Zuletzt geändert durch § 1 des Gesetzes zur Änderung des Bayerischen Immissionsschutzgesetzes und weiterer Rechtsvorschriften vom 24. Juli 2018.
GVBl. (2018) 14, S. 608–610
- [8] Bayerisches Landesamt für Umwelt:
Startseite > Themen > Luft > Luftreinhaltung > Immissionen > Lufthygienisches Landesüberwachungssystem Bayern – LÜB.
<https://www.lfu.bayern.de/luft/immissionsmessungen/index.htm>
- [9] Bayerisches Landesamt für Umwelt:
Startseite > Themen > Luft > Luftreinhaltung > Aktuelles > Luftmessstationen > Das Lufthygienische Landesüberwachungssystem Bayern (LÜB).
<https://www.lfu.bayern.de/luft/immissionsmessungen/doc/lueb.pdf>
- [10] VDI 4320 Blatt 2. Messung atmosphärischer Depositionen – Bestimmung des Staubniederschlags nach der Bergerhoff-Methode.
Beuth-Verlag, Januar 2012, 23 S.
- [11] Bayerisches Landesamt für Umwelt:
Startseite > Themen > Luft > Immissionsmessungen > Auswertungen > Weitere Auswertungen > Windrosen > Windrosen 2018. <https://www.lfu.bayern.de/luft/immissionsmessungen/auswertungen/weitere/index.htm>
- [12] 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, 56 S.

- [13] 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, 2 S.
- [14] DIN EN 15549: Luftbeschaffenheit - Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Benzo[a]pyren in Luft. Beuth-Verlag, Berlin, Januar 2008, 53 S.
- [15] Bayerisches Landesamt für Umwelt:
Startseite > Themen > Luft > Luftreinhaltung > Lufthygienisches Landesüberwachungssystem Bayern – LÜB > Immissionsmessungen LÜB – Lufthygienisches Landesüberwachungssystem Bayern > Weiterführende Informationen > Bekanntgabe von Luftmesswerten – PDF. <https://www.lfu.bayern.de/luft/immissionsmessungen/doc/messwertbekanntgabe.pdf>
- [16] Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (TA Luft – Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft) vom 24. Juli 2002. GMBI. (2002) 25–29, S. 511–605
- [17] VDI 2310 Blatt 12. Maximale Immissions-Werte zum Schutz des Menschen – Maximale Immissions-Konzentrationen für Stickstoffdioxid. Beuth-Verlag, Berlin, Dezember 2004, 44 S.
- [18] VDI 2310 Blatt 15. Maximale Immissions-Werte zum Schutz des Menschen – Maximale Immissions-Konzentrationen für Ozon. Beuth-Verlag, Berlin, Dezember 2001, 72 S.
- [19] World Health Organization, Regional Office for Europe: Air Quality Guidelines for Europe. 2nd Edition. WHO Regional Publications, European Series, No. 91. Copenhagen, 2000, 273 S.
- [20] 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, 18 S.
- [21] Bayerisches Landesamt für Umwelt:
Startseite > Themen > Luft > Aktuelles > Luftmesswerte > Jahreskurzbericht 2018. https://www.lfu.bayern.de/luft/immissionsmessungen/lufthygienische_berichte/doc/jahreskurzberichte/jk18.pdf
- [22] Bayerisches Landesamt für Umwelt:
Startseite > Themen > Luft > Luftreinhaltung > Luftreinhalteplanung und Verkehr > Projekte und Untersuchungen > Streusalzberichte > Quantifizierung des Beitrags von Streusalz zur Feinstaubbelastung > Streusalzbericht 2018 – PDF. https://www.lfu.bayern.de/luft/luftreinhalteplanung_verkehr/projekte/streusalzberichte/doc/streusalzbericht_2018.pdf
- [23] Bayerisches Landesamt für Umwelt:
Startseite > Themen > Luft > Ozon – PDF. <https://www.lfu.bayern.de/luft/doc/ozoninfo.pdf>
- [24] Umweltbundesamt: Ozon im Sommer 2018: hohe Werte, aber wenig Extreme, August 2018. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/ozon-im-sommer-2018-hohe-werte-aber-wenig-extreme>
- [25] Bayerisches Landesamt für Umwelt:
Startseite > Themen > Luft > Immissionsmessungen > Auswertungen > Weitere Auswertungen > BTX-Passivsammler > BTX-Passivsammlerergebnisse 2018 – PDF. https://www.lfu.bayern.de/luft/immissionsmessungen/auswertungen/weitere/doc/btx_passivsammlerergebnisse_2018.pdf
- [26] Bayerisches Landesamt für Umwelt:
Startseite > Themen > Luft > Immissionsmessungen > Auswertungen > Weitere Auswertungen > PM₁₀-Inhaltsstoffe > PM₁₀-Inhaltsstoffe 2018 – PDF. https://www.lfu.bayern.de/luft/immissionsmessungen/auswertungen/weitere/doc/pm10_inhaltsstoffe_2018.pdf
- [27] Bayerisches Landesamt für Umwelt:

- Startseite > Themen > Luft > Daten und Karten > Langzeitverläufe: Entwicklung der Luftqualität – Jahresauswertungen > Langzeitverläufe Luftschadstoffe Langzeitverläufe.
<https://www.lfu.bayern.de/luft/immissionsmessungen/auswertungen/langzeitverlaeufe/index.htm>
- [28] Bayerisches Landesamt für Umwelt:
Startseite > Themen > Luft > Immissionsmessungen > Auswertungen > Weitere Auswertungen > Staubniederschlag und Inhaltsstoffe > Staubniederschlag und Inhaltsstoffe 2018.
<https://www.lfu.bayern.de/luft/immissionsmessungen/auswertungen/weitere/index.htm>
- [29] DIN EN 15841, Luftbeschaffenheit - Messverfahren zur Bestimmung von Arsen, Cadmium, Blei und Nickel in atmosphärischer Deposition.
Beuth-Verlag, Berlin, April 2010, 32 S.

